

Session I-3
(11:00~12:00 , B219)

化學法與電化學法改善山區水質殺菌效果之研究

Research on improving the germicidal effect of water quality in mountainous areas by chemical and electrochemical

何志軒^{1*}、蔡大勇^{2*}、徐惠萱^{2*}、黃建宏^{3*}

Chih-hsuan Ho^{1*}, Ta-Yung Tsai², Hwei-Syuan Shiu², Chien-Hung Huasng³

1 大漢技術學院土木工程及環境資源管理系 副教授

Associate Professor, Department of Civil Engineering & Environmental Resources Management,

Dahan Institute of Technology

2 大漢技術學院土木工程與環境資源管理系 研究生

Graduate student, Department of Civil Engineering and Environmental Resources Management,

Dahan Institute of Technology

3 開南大學養生與健康行銷學系 助理教授

Assistant Professor, Department of Health Wellness and Marketing, Kainan University

* Corresponding author: ho@ms01.dahan.edu.tw

摘要

本研究以山區水質改善為研究方向，用化學法及電化學法對山區進行水質處理，探討 NaOCl(次氯酸鈉)及 NaCl(氯化鈉)消毒殺菌效果，研究內容為化學法氧化處理及電化學間接法氧化處理等二項：

1. 化學消毒法

市售漂白水(強氧化劑)，調配漂白水稀釋加水至不同濃度漂白水溶液，使用還原劑(硫代硫酸鈉)滴定漂白水，並用氧化還原電位偵測計(ORP meter)偵測其滴定終點，求得漂白水原始濃度，為 66.3877mM。

配置不同濃度強氧化劑次氯酸根於分光光度計內，全波長掃描，測最大吸收波長，以檢量線換算氧化劑濃度。其吸收值與濃度關係式為 $Abs = 2.1504 OCl^- mM$ 。

經 1 天 24 小時時間統計大腸桿菌群數量，原水(E.coli count)大腸桿菌群數為 10400CFU/C.C，經調配稀釋後漂白水水樣濃度(6.7567 mM)以上水樣殺菌效果較佳，其大腸桿菌消毒滅菌可達 100% 去除率。

2. 電化學消毒法

以間接法方式，調配 1g/L 與 2g/L NaCl(氯化鈉)電解液，探討以電源供應器電壓 10V(伏特)及 20V(伏特)直流電方式，及連續通電時間定訂於(5、10、20、30 分鐘)之電解液，經化學法所推求吸收值與漂白水濃度公式，1g/L 20Volt 條件所產生 OCl^- 約在 0.05mM~0.07 mM，2g/L 20V 15min 條件下產生最大 $OCl^- = 0.3818 Mm$ 。

將不同濃度 NaCl(氯化鈉)電解液，檢測大腸桿菌菌落數，實驗在 2g.20v.10min 殺菌消毒效果較佳，其大腸桿菌消毒滅菌可達 100% 去除率。

關鍵詞：化學法、電化學法、水質處理

壹、前言

水在地球上扮演很大的角色，人類在日常生活中都需要用水，每人每日所必需取用2~3公升的水，而地球上任何動植物也需要用水生存，在工業中持續發展之下，隨著產業結構有所變化所需用水結構及用水量也有更顯著變化。山區居民通常位於偏遠地區，多數依地域聚落或是山區分散之區域，因受地形限制使自來水供水管路興建所需要龐大經費，無法供應到每位居民使用自來水，因此設置簡易自來水設施。自來水供水系統雖全台普及率使用便利，但簡易自來水是未經過衛生處理及消毒檢驗下，水質在露天的環境下有眾多水生動、植物棲生，容易遭受到污染細菌孳生，而水質管理、處理是將水中有害物質有效清除及消毒，降低疾病的發生及對人體的傷害。因此本研究主要研究動機，在探討如何改善山區水質條件，提供水區民眾穩定與安定之用水。

本次研究目的用化學消毒法及電化學消毒法，作為供水水質改善之方法，讓山區居民才能享受到安全又方便的飲用水，有了一道到複雜的程序與一層層關卡的把關，使山區居民使用水源能安心使用。自然水體成分中有許多微生物，可用檢測方式一些微生物做為水質判斷好壞的指標。微生物很容易經由消毒處理或因水體環境的改變而生活，但某些致病性微生物卻對消毒劑及水體環境具有極大的抗性，期待山區水質飲用水中微生物除了用於評估消毒效率的完整性，並將考量檢驗及處理技術的可行性，主要目的—飲水安全。本次實驗區分為化學氧化法及電氧化法二種檢驗方法。化學氧化是將利用化學劑量方式，檢驗次氯酸鈉氧化劑混合水質的化學反應，達成水質消毒的效果。電氧化法處理是利用NaCl(氯化鈉)為電解質，調配1g/l與2g/l NaCl(氯化鈉)之電解液，經由通電方式產生次氯酸根之氧化劑處理方式，來處理水中的污染。

貳、實驗方法

2-1 實驗材料藥品及儀器設備

化學強氧化劑(市售漂白水)、硫代硫酸鈉($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$; Sodium thiosulfate)、氯化鈉(NaCl ; Sodium Chloride)、大腸桿菌/大腸菌群快檢片、氧化還原電位偵測計(Oxidation Reduction Potential ; ORP meter)、分光光度計(Spectrophotometer UV/Vis)、電極板、電化學壓克力反應槽、電源供應器、恆溫培養箱。

2-2 實驗架構

本研究主要區分為化學法及電化學法二大部份。主要研究流程，(如圖1)所示，各項研究方法如說明：

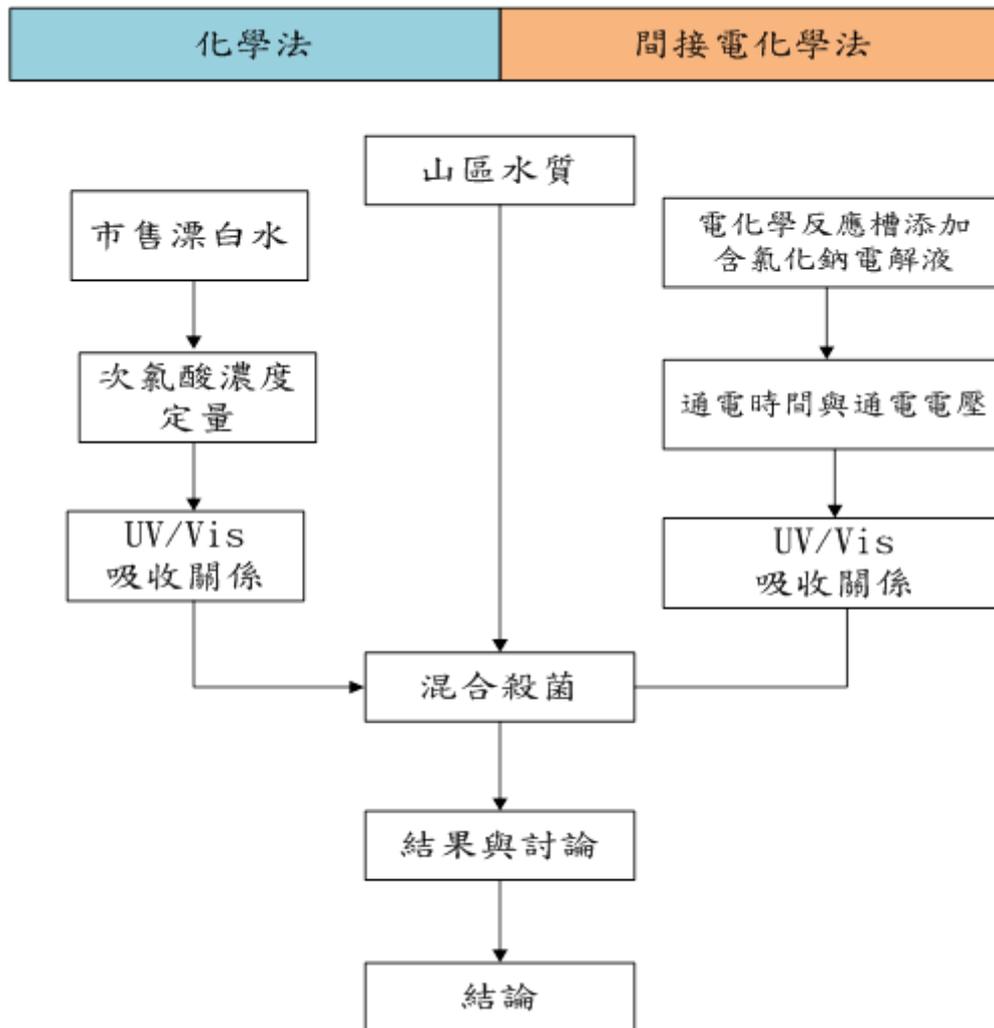


圖 1 實驗架構圖

2-3 實驗方法

2-3-1 化學法

第一部份是為利用氧化還原方式求次氯酸濃度；第二部份為不同次氯酸鈉濃度與吸收光譜關係，以及濃度迴歸關係式，第三部分將山區水質與不同濃度次氯酸鈉調配稀釋，滴於大腸桿菌快篩片上，判讀菌落數數量。

2-3-2 間接電化學法

將電化學反應槽內先置入陰極與陽極電極板，為了實驗電解液濃度統一一致，避免調配電解液濃度有所誤差，分別調配10g與20g NaCl(氯化鈉)與10公升蒸餾水混合，裝置12公升PE桶內。濃度分別為1.7111mM及3.4223mM，每次實驗測定電壓及通電時間時，取出電解液倒入電化學反應槽內含有300ml的電解溶液，並設定電壓10V(伏特)及20V(伏特)，通電時間訂定於(5、10、20、30分鐘)等4個時段，通電電解後產生氧化劑反應，調配電解液共計16組水樣氧化劑，檢測通電電解中分光光譜吸收值變化關係。

2-3-3 大腸桿菌試驗

(1)化學法大腸桿菌試驗檢測

將原水及調配不同比例漂白水稀釋(10、20、50、100、200倍率)濃度溶液，以及蒸餾水3種水溶液，要充分使水樣均勻混合。使用無菌吸管各抽取1ml水樣，進行5組稀釋水樣大腸桿菌快篩片菌落數培養，靜置1分鐘後要使培養基凝固，將5片快篩片置放於培養箱中，設定溫度 $35 \pm 1^\circ\text{C}$ 培養 24 ± 2 小時，統計菌落數。

(2)電化學法大腸桿菌試驗檢測

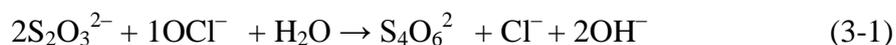
將原水及1g及2g電解水溶液，濃度分別為1.7111mM及3.4223mM，調配電解液共計24組水樣氧化劑，要充分使水樣均勻混合。使用無菌吸管各抽取1ml水樣，進行24組水樣大腸桿菌快篩片菌落數培養，靜置1分鐘後要使培養基凝固，將24片快篩片置放於培養箱中，設定溫度 $35 \pm 1^\circ\text{C}$ 培養 24 ± 2 小時，統計菌落數。

叁、結果與討論

3-1 化學消毒結果

3-1-1 漂白水次氯酸根(OCl⁻)濃度確認

市售之漂白水將調配稀釋不同濃度溶液500ml於燒杯中，以0.01M硫代硫酸鈉(Na₂S₂O₃；Sodium thiosulfate)作為還原劑滴定稀釋後漂白水溶液，利用氧化還原反應式(3-1)所示，以求滴定終點。於滴定前將電位偵測計儀器調整固定適當位置滴定燒杯內，用以量測其氧化還原電位的變化；由於漂白水為強氧化劑，故其還原電位狀態處於高電位，在於滴定過程紀錄滴定數值與電位值之變化情形，(如圖2)及顯示，當電位偵測計之電位瞬間明顯降低時，此時可求得氧化還原反應滴定終點。



將漂白水濃度分別稀釋為(6.7567、3.9682、1.4478、0.5898、0.2681mM)溶液，故所需42.9mM硫代硫酸鈉之滴定量介於(0.2~6.6ml)之間，有電位上之變化(如圖2)。

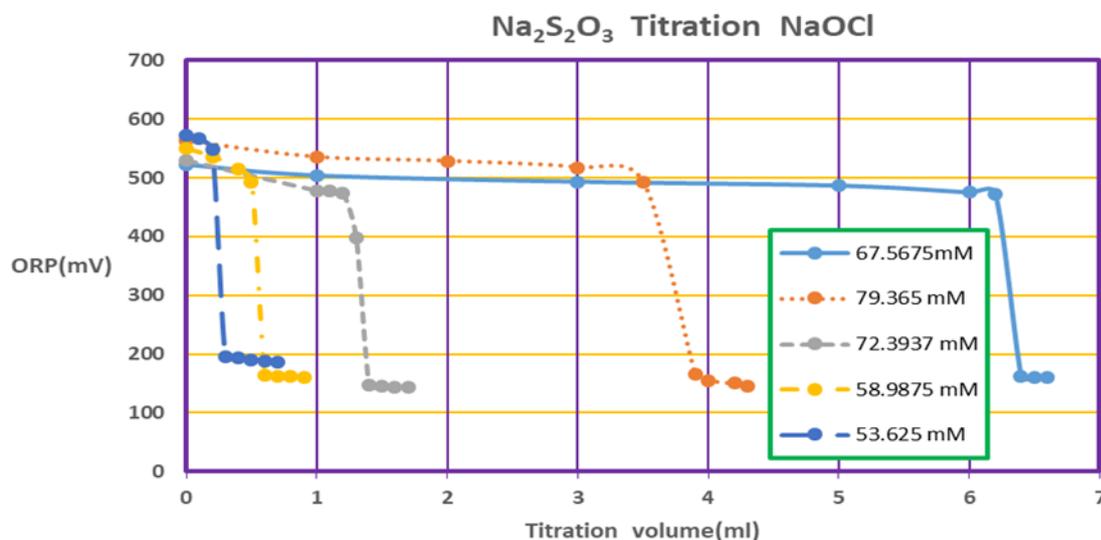
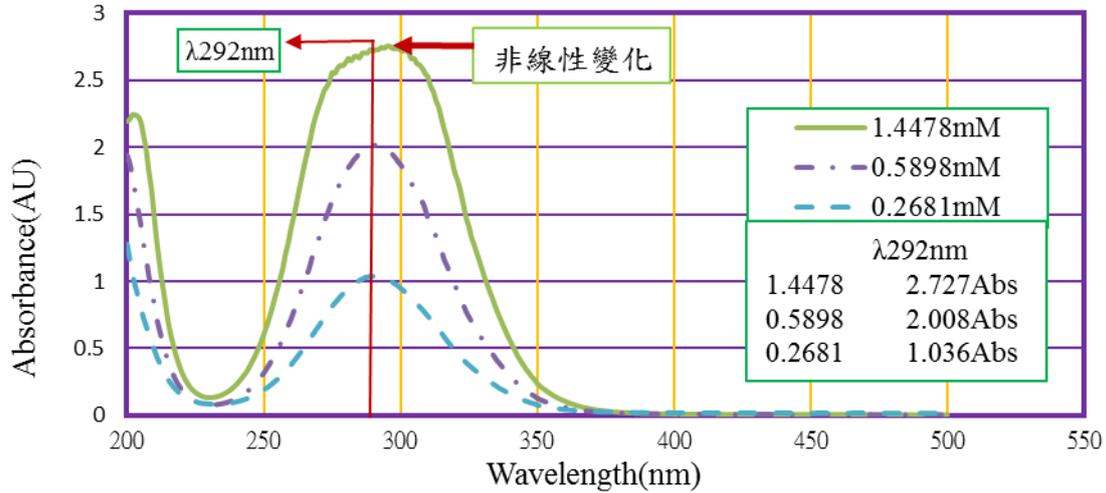


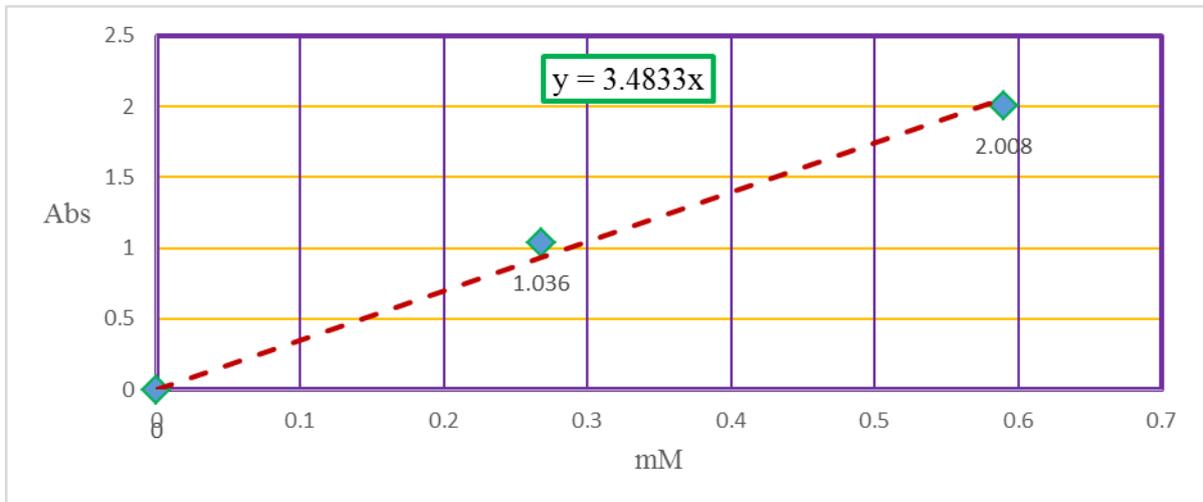
圖 2 市售漂白水氧化還原滴定電位變化

3-1-2 次氯酸根(OCl^-)濃度與UV/Vis吸收值關係

市售漂白水將調配稀釋不同濃度的溶液為水樣，分別放置方型樣品槽內UV/Vis光譜儀內進行200nm~500nm之間全波長掃描，掃描後顯示發現位於292nm位置，有明顯凸起之波峰，判定此為漂白水(OCl^-)吸收峰位置(如圖3)。

圖 3 不同濃 OCl^- 吸收光譜

而(如圖3)顯示當以高濃 OCl^- (2.727mM)掃描時，發現位於292nm位置其呈現非線性曲線情形，其主要原因為 OCl^- 濃度吸收值已超過UV/Vis光譜儀所能偵測之最大吸收值上限，因此進行迴歸分析時僅考量在線性關係範圍內之濃度研究，其本研究僅針對(0~2.008 mM)之間進行迴歸分析，(如圖4)所示為在292nm波長下之吸收值與 OCl^- 濃度之迴歸特性；其吸收值與 OCl^- 濃度(mM)之關係式如式(3-2)，未來僅需於UV/VIS設定波長292nm時，偵測之其吸收值即可換算出實際 OCl^- 濃度。

圖 4 吸收值與 OCl^- 濃度迴歸關係

$$\text{Abs} = 3.4833 \text{ OCl}^- \text{ mM}$$

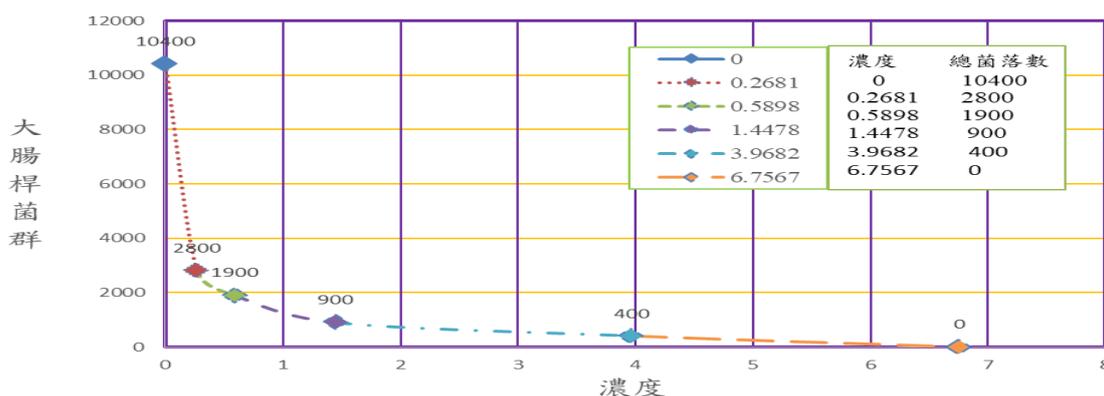
(3-2)

3-1-3 化學法消毒滅菌試驗結果

稀釋原水加蒸餾水為(40ml)及調配不同濃度原水加稀釋漂白水加蒸餾水為(60ml、80ml、120ml、220ml、420ml)，稀釋倍率體積，試驗樣品原水及濃度(6.7567 mM、3.9682 mM、1.4478 mM、0.5898 mM、0.2681 mM)等6組水樣，經由1天24小時殺菌時間，大腸桿菌快篩片試驗結果後，原水(E.coli count)大腸桿菌為104個細菌總數，大腸桿菌群數為 $104 \times 100 = 10400 \text{ CFU/CC}$ (如表1)，經調配後5組水樣濃度中(6.7567 mM) $\frac{1}{10}$ 水樣殺菌效果較佳(如圖5)。

經過試驗1天24小時殺菌時間後，濃度中(6.7567 mM) $\frac{1}{10}$ 快篩片顯示完全消毒滅菌情形(如圖5)所示。其大腸桿菌消毒滅菌可達100%去除率(如圖6)。

表 1 化學法大腸桿菌數



不同濃度漂白水												
體積 濃度	原水 (0)		0.2681 mM $\frac{1}{200}$		0.5898 mM $\frac{1}{100}$		1.4478 mM $\frac{1}{50}$		3.9682 mM $\frac{1}{20}$		6.7567 mM $\frac{1}{10}$	
	細菌 總數	大腸 桿菌 群	細菌 總數	大腸 桿菌 群	細菌 總數	大腸 桿菌 群	細菌 總數	大腸 桿菌 群	細菌 總數	大腸 桿菌 群	細菌 總數	大腸 桿菌 群
數量	104	10400	28	2800	19	1900	9	900	4	400	0	0
去除 率	0		73.0769		81.7307		91.3461		96.1538		100	
1. 總菌落數計算單位為CFU/CC。 2. 大腸桿菌數計算單位為CFU/100CC。 3. 去除率單位為%。												

圖 5 化學法大腸桿菌群菌落數

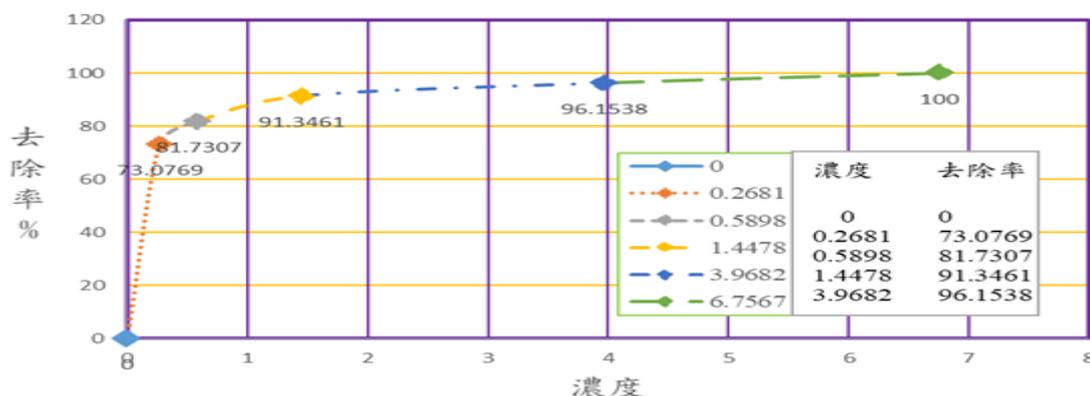


圖 6 化學法大腸桿菌去除率

3-2 電化學法結果

3-2-1 分光光譜吸收值變化關係

將調配不同濃度之 1g/L 與 2g/L NaCl(氯化鈉)電解液，至於化學反應槽內，分別設定固定直流電壓 20V(伏特)，分別通電時間 0 至 30 分鐘，於通電時間結束後，將反應槽內電解液至置於分光光度計(UV/Vis)，並掃描 200-500 nm 之吸收值。(如圖 7)結果顯示，該電解液於波長 292 nm 時具有顯著之吸收值，即表示在反應槽內之電解液，於 2g/L NaCl(氯化鈉)15 分鐘，具有較大次氯酸鈉的強氧化劑。經與(3-2)換算除 1g/L 20V30min 條件所產生 0.064mM OCl⁻，2g/L 20V30min 條件所產生 0.204mM OCl⁻。

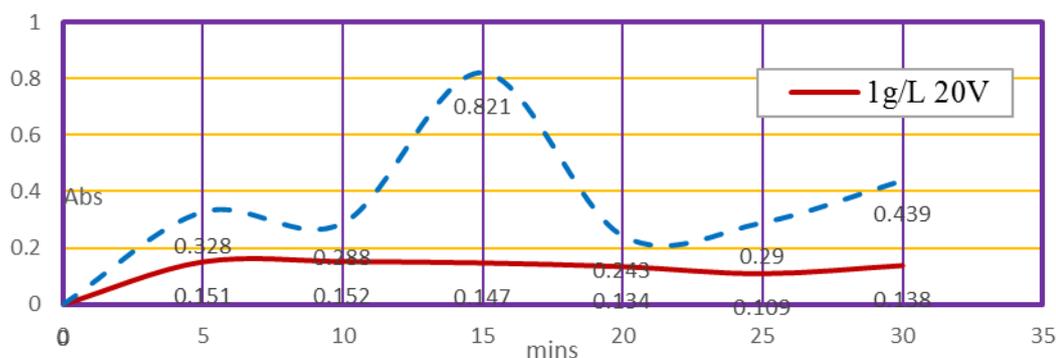


圖 7 1g/L與 2g/L氯化鈉電解液之吸收光譜關係圖(波長 292nm)

3-2-2 電化學間接法消毒滅菌試驗結果

原水及 1g/L 與 2g/L NaCl(氯化鈉)與蒸餾水混合電解 17 組水樣，由大腸桿菌快篩片試驗結果後，原水(E.coli count)大腸桿菌為 104 個菌落數，大腸桿菌群數為 $104 \times 100 = 10400 \text{ CFU/CC}$ (如表 2)，經調配後 17 組水樣中(2g10v10min)以及(2g20v10min)時間之後，水樣殺菌效果較佳(如圖 8)，其大腸桿菌消毒滅菌可達 100%去除率(如圖 9)。

表 2 電化學法大腸桿菌數

電解條件	菌種		去除率%
	菌落數	大腸桿菌數	

原水		104	10400	10400	
1g/L	10V	5min	70	7000	32.6923
		10min	52	5200	50
		20min	21	2100	79.8076
		30min	8	800	92.3076
	20V	5min	70	7000	32.6923
		10min	65	6500	37.5
		20min	52	5200	50
		30min	44	4400	57.6923
2g/L	10V	5min	50	5000	51.923
		10min	0	0	100
		20min	0	0	100
		30min	0	0	100
	20V	5min	31	3100	70.1923
		10min	0	0	100
		20min	0	0	100
		30min	0	0	100

1.細菌總數計算單位為 CFU/CC。

2.大腸桿菌數計算單位為 CFU/100CC。

3.去除率單位為%。

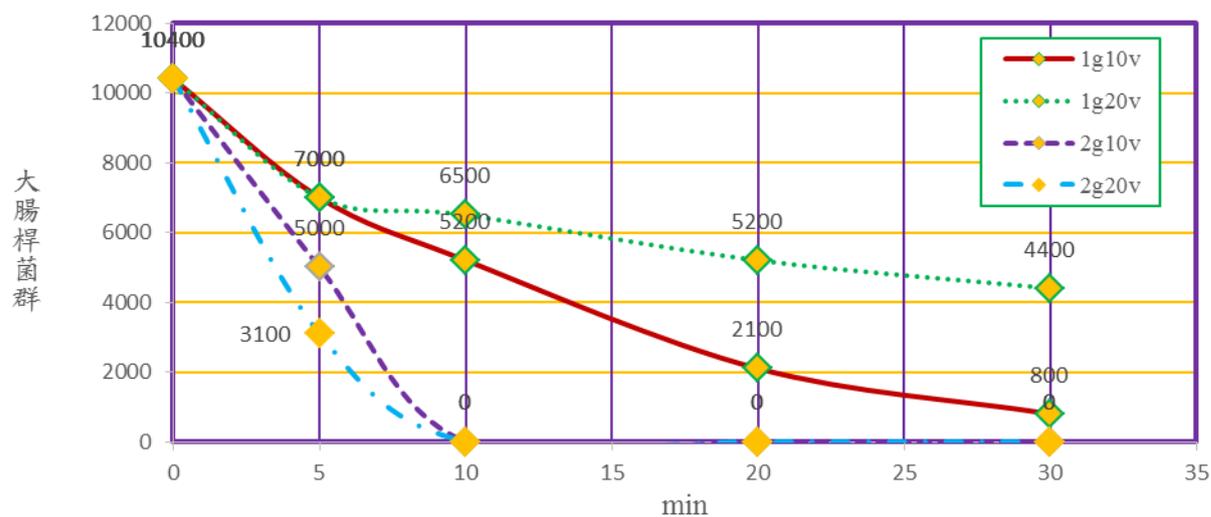


圖 8 電化學法大腸桿菌群菌落數

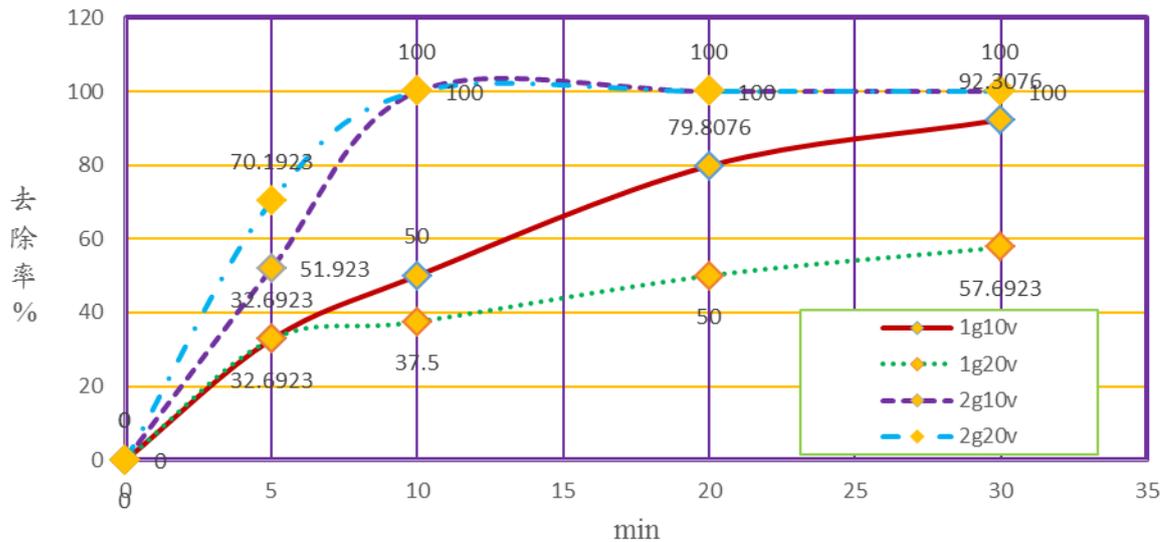


圖 9 電化學法大腸桿菌去除率

3-3 化學法與電化學法比較

3-3-1 化學法與電化學法濃度比較

化學法中稀釋不同漂白水，並透過分光光計儀器測定，以 292nm 掃描波長，求得吸收值與濃度關係，如式(3-2)。分別計算電化學法，在不同條件下之電解液，帶入(3-2)式公式，分別計算所產生 OCl^- 濃度，以及電化學調整酸性條件前、後，掃描波長 OCl^- 濃度。

區分	條件	Abs	OCl^- (mM)
● 電化學法	1g/L 20V 30min	0.138	0.064
	2g/L 20V 30min	0.439	0.204
	1g/L 調整 pH:5	0.404	0.188
	1g/L 調整 pH:9	1.082	0.503
	2g/L 調整 pH:5	0.415	0.193
	2g/L 調整 pH:9	1.087	0.505

綜合化學法與電化學法比較可以得知，不同條件下之電化學法 1g/L NaCl(氯化鈉)計算得 OCl^- 濃度小於化學法。

3-3-2 大腸桿菌去除率之比較

化學法經快篩片 24 小時試驗，漂白水濃度(6.7567 mM)水樣，大腸桿菌與大腸桿菌群消毒殺菌可達 100% 去除率。

電化學法經快篩片 24 小時試驗，電解液水樣(2g10v10min)以及(2g20v10min)經時間 10min 之後水樣，大腸桿菌與大腸桿菌群消毒殺菌可達 100% 去除率。

化學法與電化學法兩者水樣比較，漂白水濃度(6.7567 mM)水樣，與電解液水樣(2g10v10min)以及(2g20v10min)水樣，同時均能對大腸桿菌與大腸桿菌群消毒殺菌可達100%去除率。

明顯得知電化學法所產生 OCI^- 濃度較少，確有與化學法 OCI^- 6.7567 mM 相同效果。

肆、結論

- (1)在化學法使用次氯酸鈉，對大腸桿菌消毒殺菌實驗上，不同濃度 5 組水樣中，濃度中(6.7567 mM)水樣殺菌效果較佳，其大腸桿菌消毒滅菌可達 100% 去除率。
- (2)經電化學間接法處理試驗，實驗消毒殺菌方面，2g10v10min 與 2g20v10min 電解水樣，殺菌效果較佳，其大腸桿菌消毒滅菌可達 100% 去除率。
- (3)經調配後之漂白水會產生 OCI^- 較多，而間接電化學法所產生 OCI^- 、自由基、 $\text{M}^{n+} \rightarrow \text{M}^{n+1}$ 3 種含量較多，消毒殺菌能力較佳。

參考文獻

- [1] 何志軒，「以化學法與電化學氧化分解有機反應性染料之探討」，淡江大學水資源及環境工程學系博士班，博士論文(2001)。
- [2] 何志軒、楊禎祿，「混合市售漂白水與有機染料RB-19 之化學反應動力特性」大漢技術學院、大漢學報，第廿二期。
- [3] 何志軒、陳俊成、楊禎祿，「利用次氯酸鈉氧化裂解有機反應性染料」，中華民國環境工程學會，2008 廢水處理技術研討會資料。
- [4] 何志軒、陳俊成、楊禎祿、林芳仔、黃怡甄，「利用電化學法探討有機反應性染料化學需氧量(COD)與色度(Color)之去除」中華民國環境工程學會2009 廢水處理技術研討會資料。
- [5] 何志軒、陳俊成、楊禎祿、劉士偉、黃信智，「利用電化學產生氧化劑方式氧化裂解有機反應性染料之特性」，2009 資源與環境學術研討會資料。
- [6] 楊萬發教授譯，「水及廢水處理化學」，茂昌圖書有限公司(177-206)。
- [7] 呂國賓「Kinetic Study on Treatment of Dye Wastewater by Fenton Process」，大同大學化學工程研究所，碩士論文(2005)。
- [8] 秦宗顯，「淺談水產養殖用藥規定」，國立嘉義大學水生生物科學系教授。
- [9] 施博文，「厭氧好氧活性污泥系統微生物族群分佈與動力特性之研究」，雲林科技大學環境與安全工程系研究所，碩士班論文，(2003)。
- [10] Pseudomonas stutzeri 和 Pseudomonas alcaligenes 處理養殖廢水總氮-氮及亞硝酸-氮之影響。
- [12] 張聖雄 陳建財，「廢水生物處理程序常見問題實務探討」，工業污染期刊。
- [13] 賴文亮，「各種淨水程序對生物可分解有機質及消毒副產物之控制」，成功大學環境工程學系碩博士班，博士班論文，(2002)。
- [14] 何志軒、陳俊成、楊禎祿【117工業污染防治】電氧化處理反應性染料廢水反應機制探討，經濟部工業局，(2010)。
- [15] 謝政憲，「以電化學氧化程序處理含抗生素廢水之研究」淡江大學水資源及環境工程學系研究所，碩士論文(2013)。
- [16] 莊舒琪，「氧化分解含四環素廢水之動力學研究」，大漢技術學院土木工程與環境資源管理研究所，碩士論文(2014)。
- [17] 林傳宗，「利用太陽能之電化學氧化養殖廢水之研究」，大漢技術學院土木工程與環

- 境資源管理研究所，碩士論文(2014)。
- [18]自來水法-全國法規資料庫
law.moj.gov.tw/LawClass/LawContent.aspx?pcode=J0110055
- [19]飲用水水質標準-全國法規資料庫 - moj.gov.tw
law.moj.gov.tw/LawClass/LawContent.aspx?Pcode=00040019
- [20]維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/次氯酸鈉>，(修訂於 2020 年 5 月)
- [21]維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/硫代硫酸鈉>，(修訂於 2020 年 4 月)
- [22]維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/氯化鈉>，(修訂於 2020 年 5 月)
- [23]3M™ Petrifilm™ 大腸桿菌/大腸菌群快檢片 6404，微生物快速檢驗測試片手冊.pdf
- [24]安乃麟，「二氧化氯對黃埔湖戰備用水消毒效能之研究」，嘉南藥理大學環境系工程與科學研究所，碩士論文(2014)
- [25]校園用水安全維護管理手冊(2015 版)，教育部國民及學前教育署 指導，國立臺灣大學公共衛生學系 編輯。
- [26]飲用水水中微生物檢驗之概述，柯瑟琴 感染管制醫檢師/童綜合醫療社團法人童綜合醫院，2017/04/11。

近十年空氣品質污染物濃度變化趨勢之探討-以臺中地區為例
Discussion on the Trend of Air Quality Pollutant Concentration Changes in the Past Ten
Years - Taichung Area as An Example

邱天佑

Tien-You Chiu*

大漢技術學院企業管理系 助理教授

Assistant Professor, Department of Business Administration, Dahan Institute of Technology

* Corresponding author: cute@ms01.dahan.edu.tw

摘要

近年來臺中地區空氣品質受到當地民眾的關注，甚至在2018年縣市長選舉，空氣品質問題更成為選戰熱門議題。以往研究短期資料，無法綜觀政府對空氣品質改善努力的全貌。因此，本研究之目的為探討臺中地區近十年空氣品質污染物濃度長期變化趨勢，以綜觀當地政府對空氣品質努力的成果。研究資料取自行政院環保署「空氣品質監測網」之臺中地區五座監測站，西屯、忠明、豐原、沙鹿、大里，以2010年為資料基準年，蒐集2010年~2019年6項空氣污染物濃度逐年監測數值做長期趨勢相對比較。研究結果顯示，近十年來臺中地區各監測站空氣污染物之懸浮微粒(PM₁₀)、細懸浮微粒(PM_{2.5})、二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、一氧化碳(CO)，這5項空氣污染物濃度長期變化趨勢皆持續減少改善中。相反地，僅有臭氧(O₃)濃度長期變化趨勢有些微增加惡化中。

關鍵詞：空氣污染物、懸浮微粒(PM₁₀)、細懸浮微粒(PM_{2.5})、臭氧(O₃)

壹、前言

臺中市已經是一個工商業發達的都市，人口眾多且工廠林立，近年來空氣品質的良窳備受關注，特別是細懸浮微粒(PM_{2.5})的危害更為大眾所關心；然而解析大臺中市環境污染物複雜的成因受限於污染物調查研究為數不多且資訊嚴重不足與分散，同時且10多年來鮮有針對此部份資料庫完整更新或因分析數據不完整，以致結論無法或僅能解釋部份空氣品質現況。2018年臺灣縣市長選舉，空氣品質問題屢屢成為選戰議題(吳淑萍、江俊彥，2018；邱天佑，2019)，反空污與公投通過以核養綠，均顯示民眾主觀感受空

氣品質仍不好。然而，臺中市市政府近年來針對空氣品質問題的作為，空氣品質真的未獲改善？是一個值得探討和深思的問題。

行政院環境保護署(2020)網站指出空氣污染物來源主要可分為「自然界的釋出」以及「人類活動的製造」。「人類活動的製造」包括工業排放、汽機車排放、人口密度及GDP是四個影響空氣污染的人為因素(駱佳瑜, 2020)，我國對於工業排放與汽機車排放這兩個因子都有相關政策規範。臺灣空氣品質狀況除了受國內污染散發影響，尚會因季節性或不定時受到鄰近國家污染物傳播影響(行政院環境保護署, 2018)。為了掌握空氣品質狀況及長期變化、發展污染防制策略及評估策略的有效性、學術研究及對國民健康之影響評估等目的，行政院環境保護署於1990年規劃建立臺灣地區空氣品質監測網(Taiwan Air Quality Monitoring, TAQM)，並於1993年正式監測運轉，全面執行全自動化監測，即時監控各地空氣品質狀況，提供即時監測資料，並配合氣象資料，可達到事先預警功能，提供民眾更佳保障(邱天佑, 2018)。

臺中市境內設置有5座空氣品質自動測站，由北往南分別為沙鹿站、西屯站、忠明站、大里站及偏東的豐原站。本研究為分析長期臺中市5座監測站，以相同檢測地點及方法等收集更充分之空氣污染物資料，並顯示臺中市2011年至今長期空氣品質改善下，懸浮微粒(PM₁₀)、細懸浮微粒(PM_{2.5})、二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、一氧化碳(CO)及臭氧(O₃)等六類空氣污染物的改善降低或惡化成長趨勢。藉由長期資料更能一窺臺中市市政府近年針對空氣品質問題的作為與改善的結果。

因此本文使用的資料係摘自行政院環保署(2020)「空氣品質監測網」，下載臺中地區五個監測站，西屯、忠明、豐原、沙鹿、大里，每年監測懸浮微粒(PM₁₀)、細懸浮微粒(PM_{2.5})、二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、一氧化碳(CO)及臭氧(O₃)濃度等空氣品質平均值加以分析。本文的目的在藉由近十年逐年之六類空氣污染物的監測平均值，探討臺中地區空氣品質問題，究竟趨勢實況是改善還是惡化？

貳、文獻探討

楊之遠(2018)指出空氣污染成因、來源、種類之研究，國內從事空氣品質模式研究者眾，其中雲林科技大學研究團隊將台灣各地區之空污來源占比量化分析，以中部地區(包括中、彰、投)為例，其懸浮微粒年平均濃度受台灣本身排放源影響達65%，境外傳輸影響約35%。台灣本地排放源中，以逸散源影響比例最高約25%、其次為交通源約21%、工業源約17%。顯示中部地區的懸浮微粒主要來源以逸散源、交通源為主，工業源其次，因此要改善中部地區的懸浮微粒，更重要的是要管制逸散源及交通源。同時，中部地區的環保單位在面臨污染情況時，可將原來定性的管制方案，落實為科學的量化管制措施，會更有效的改善空氣品質。。以下將簡述我國空氣品質指標與監測。

1. 空氣品質指標(AQI)

行政院環境保護署(2018)指出「為接軌國際，將現行空氣污染指標(Pollutant Standards Index, PSI)及細懸浮微粒(PM_{2.5})雙指標調整為適用於我國的單一指標，空氣品質指標(Air Quality Index, AQI)。空氣品質指標為依據監測資料將當日空氣中臭氧(O₃)、細懸浮微粒(PM_{2.5})、懸浮微粒(PM₁₀)、一氧化碳(CO)、二氧化硫(SO₂)及二氧化氮(NO₂)濃度等數值，以其對人體健康的影響程度，分別換算出不同污染物之副指標值，再以當日各副指標之最大值為該測站當日之空氣品質指標值」。空氣品質指標(AQI)與健康影響表示如圖1所示。

空氣品質指標 (AQI)							
AQI指標	O ₃ (ppm) 8小時平均值	O ₃ (ppm) 小時平均值 ⁽¹⁾	PM _{2.5} (µg/m ³) 24小時平均值	PM ₁₀ (µg/m ³) 24小時平均值	CO (ppm) 8小時平均值	SO ₂ (ppb) 小時平均值	NO ₂ (ppb) 小時平均值
良好 0~50	0.000 - 0.054	-	0.0 - 15.4	0 - 54	0 - 4.4	0 - 35	0 - 53
普通 51~100	0.055 - 0.070	-	15.5 - 35.4	55 - 125	4.5 - 9.4	36 - 75	54 - 100
對敏感族群 不健康 101~150	0.071 - 0.085	0.125 - 0.164	35.5 - 54.4	126 - 254	9.5 - 12.4	76 - 185	101 - 360
對所有族群 不健康 151~200	0.086 - 0.105	0.165 - 0.204	54.5 - 150.4	255 - 354	12.5 - 15.4	186 - 304 ⁽³⁾	361 - 649
非常不健康 201~300	0.106 - 0.200	0.205 - 0.404	150.5 - 250.4	355 - 424	15.5 - 30.4	305 - 604 ⁽³⁾	650 - 1249
危害 301~400	⁽²⁾	0.405 - 0.504	250.5 - 350.4	425 - 504	30.5 - 40.4	605 - 804 ⁽³⁾	1250 - 1649
危害 401~500	⁽²⁾	0.505 - 0.604	350.5 - 500.4	505 - 604	40.5 - 50.4	805 - 1004 ⁽³⁾	1650 - 2049

圖1. 空氣品質指標(AQI)與健康影響(行政院環境保護署, 2018)

2. 空氣品質監測

空氣品質監測資料統計，來自各測站監測結果，分別有測站類型(5種，一般、背景、工業、國家公園及交通測站)、空氣品質區(7個)及各行政區等三種統計方式，總計全國(含外島)共31個測站。其中，與臺中市有關的空品區共有五個。根據行政院環境保護署(2018)年報指出，民國106年空氣品質指標(AQI)年均值統計結果，以高雄市最高(年均值為85)，雲林縣及南投縣次之(年均值為84)，臺東縣最低(年均值為33)，花蓮縣次低(年均值為42)(行政院環境保護署, 2018)。

3. 空氣品質與污染源

民眾憂心空污影響健康為主要因素，並引用醫院病患案例，指出空污與導致肺腺癌的關聯性有增加趨勢。因此，民眾將空污苗頭指向臺中火力發電廠。空污議題甚至在每次選舉時，被提出甚至延燒影響選舉結果。

影響空氣品質惡化的重要因素，除了空氣污染源(固定污染源、逸散污染源、移動污染源)排放之外，包括境外(台灣以外及臺南以外)所帶來的空氣污染，另外天氣類型與區域性的大氣傳輸有密切關係，天氣系統和地形特徵結合，常可使某一地區的污染濃度明顯增高，例如緩慢移動的反氣旋和暖鋒系統都可造成嚴重的污染情形。

過去空氣污染以長期資料做研究的文獻多數偏重與疾病健康研究有關，少數如張順欽(2006)和范振清(2014)...等以空空氣中常見污染物為主題之研究，更少是以台中地區為研究對象。這也是本文研究動機之一。

參、使用資料與分析結果

1. 使用資料

空氣中常見污染物有六項：懸浮微粒(PM_{10})、細懸浮微粒($PM_{2.5}$)、二氧化硫(SO_2)、二氧化氮(NO_2)、一氧化碳(CO)及臭氧(O_3)。本文使用的監測原始數據是摘自行政院環保署空氣品質監測網站(2020)(<http://taqm.epa.gov.tw/>)，下載臺中地區五個監測站，西屯、忠明、豐原、沙鹿、大里，2010年~2019年六種空氣污染物之逐年平均監測數據。

2. 分析結果

本研究彙整行政院環保署空氣品質監測網站監測資料，根據臺中地區五個監測站六種空氣污染物之十年趨勢資料(2010年至2019年)，探討臺中市各監測網站所屬地區空氣污染物濃度變化幅度與危害性污染物排序等，繪製臺中市各監測站近十年污染物濃度變化趨勢圖，詳如圖2至圖6。

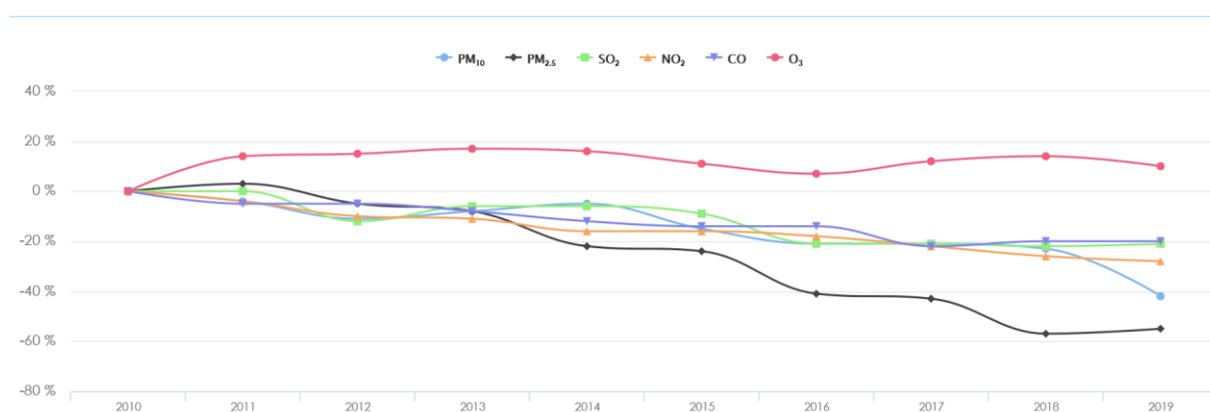


圖2. 臺中市大里站近十年污染物濃度變化趨勢(行政院環境保護署，2020)

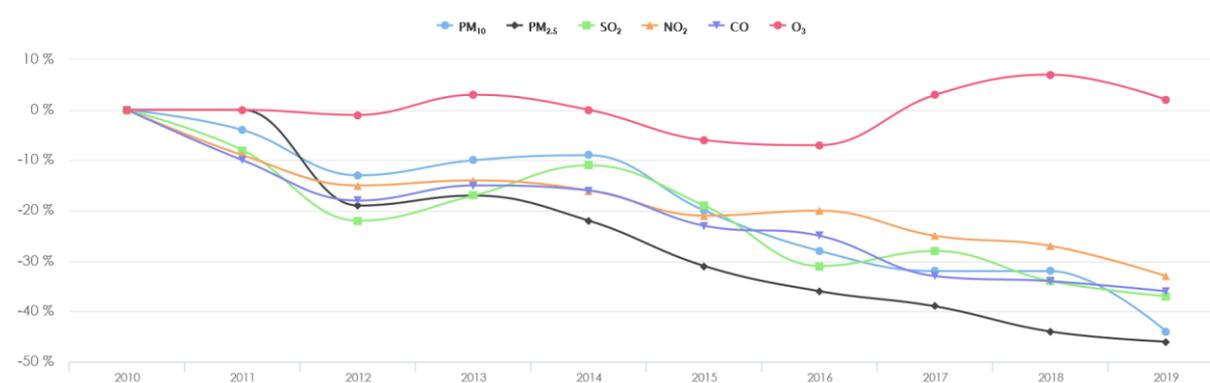


圖3. 臺中市忠明站近十年污染物濃度變化趨勢(行政院環境保護署，2020)

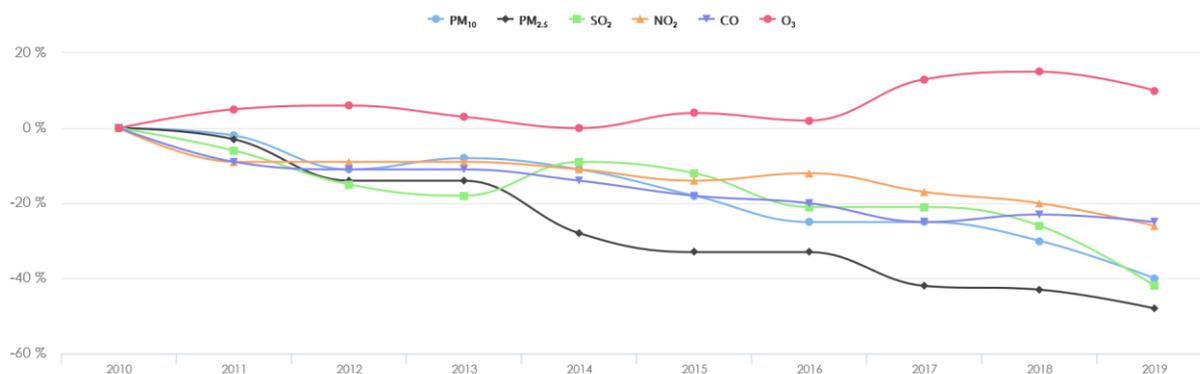


圖4. 臺中市西屯站近十年污染物濃度變化趨勢(行政院環境保護署，2020)

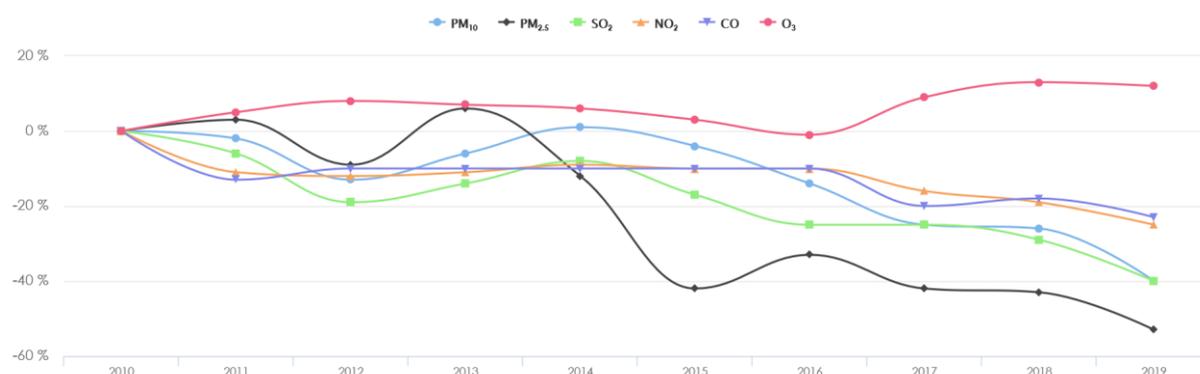


圖5. 臺中市沙鹿站近十年污染物濃度變化趨勢(行政院環境保護署，2020)

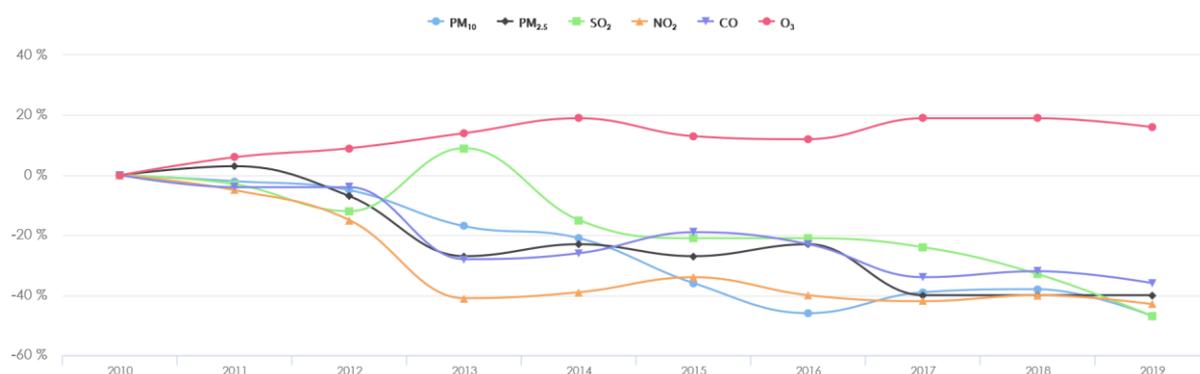


圖6. 臺中市豐原站近十年污染物濃度變化趨勢(行政院環境保護署，2020)

3、空氣污染物濃度變化趨勢

臺中市各監測站空氣污染物之懸浮微粒(PM₁₀)、細懸浮微粒(PM_{2.5})、二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、一氧化碳(CO)及臭氧(O₃)濃度長期變化趨勢如圖2至圖6。分述如下：

(1) 懸浮微粒(PM₁₀)

PM₁₀年平均值在2011年至2019年皆呈現下降趨勢，但於2013年濃度又回升，而後亦呈下降趨勢，2016年平均值為50.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，連續兩年符合空氣品質標準，2019年相對於2010年長期改善率分別介於-40%~-47%；年平均值以豐原站改善最多，達-47%；西屯站和沙鹿站改善最少，也達-40%。顯而易見，近幾年的PM₁₀空氣品質有逐年改善。

(2) 細懸浮微粒(PM_{2.5})

PM_{2.5}年平均值自2012年起各監測站開始呈現下降趨勢，2019年相對於2010年長期改善率分別介於-40%~-55%；年平均值以大里站改善最多，達-55%；豐原站改善最少，達-40%。顯而易見，近幾年的PM_{2.5}空氣品質有逐年改善。

(3) 二氧化硫(SO₂)

SO₂年平均值在2011年至2019年皆呈現下降趨勢，2019年相對於2010年長期改善率分別介於-21%~-47%；年平均值以豐原站改善最多，達-47%；大里站改善最少，達-21%。顯而易見，近幾年的SO₂空氣品質也有逐年改善。

(4) 二氧化氮(NO₂)

NO₂年平均值在2011年至2019年皆呈現下降趨勢，2019年相對於2010年長期改善率分別介於-25%~-43%；年平均值以豐原站改善最多，達-43%；沙鹿站改善最少，達-25%。顯而易見，近幾年的NO₂空氣品質也有逐年改善。

(5) 一氧化碳(CO)

CO年平均值在2011年至2019年皆呈現下降趨勢，2019年相對於2010年長期改善率分別介於-20%~-36%；年平均值以忠明站和豐原站改善最多，達-36%；大里站改善最少，達-20%。顯而易見，近幾年的CO空氣品質也有逐年改善。

(6) 臭氧(O₃)

O₃年平均值在2011年至2019年皆呈現少量成長趨勢，2019年相對於2010年長期改善率分別介於+2%~+16%；年平均值以豐原站惡化最多，達+16%；忠明站惡化最少，達+2%。顯而易見，近幾年的O₃空氣品質有輕微逐年惡化。臺中市中部以南地區位在背風側受東風過山沉降影響，水平及垂直擴散條件轉差，致臭氧濃度上升。臺中市環保局也會在濃度升高時啟動應變措施，通報前30大固定污染源工廠降載、加強污染稽查、巡查露天燃燒、執行高污染車輛查緝，並提醒民眾宜避免戶外活動。

肆、討論與建議

綜合前述圖2至圖6分析結果，顯示在臺中地區各監測站空氣污染物之懸浮微粒(PM₁₀)、細懸浮微粒(PM_{2.5})、二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、一氧化碳(CO)濃度之長期變化趨勢，近十年來這5項空氣污染物濃度皆持續改善中。相反地，僅有臭氧(O₃)濃度長期變化趨勢變差了。

根據圖1之空氣品質指標(AQI)，臺中地區空氣污染物年平均濃度是介於安全與普通的數值之間。因此，對一般正常人的健康影響尚無憂慮。雖然有時仍會對敏感族群民眾的健康有影響，但並非非常態性空氣品質不佳，而且並未見到逐年持續惡化的趨勢發生。

臭氧(O₃)濃度長期變化趨勢未獲得改善。此結果對許多報導臺中空污嚴重的新聞而言，無疑成為唯一的藉口。過去莊寶玉(2005)也曾以1998~2002年台中地區監測資料分析，結果顯示降雨、溫度及季節別與臭氧濃度發生有關。雖然，臺中地區目前空氣品質仍無須過度驚慌，但生活在我們周遭的臭氧並不是大自然的產物，而是因為工業、汽車所排放的廢氣在經過一連串化學反應後產生的二次污染物。對人體來說，臭氧對呼吸系統具有刺激性，吸入濃度超過 0.05ppm 的臭氧會引起咳嗽、頭痛、疲倦以及肺部的傷害，對長輩、幼兒及有氣喘、慢性支氣管炎的人來說，臭氧對身體的傷害更嚴重(痞客邦部落格，2017)。基於追求健康的空氣品質，臺中市政府應該早日訂定改善計畫，還民眾乾淨與安全的空氣品質。

空氣污染是全國性問題，臺中市位處西半部地區及秋冬時節東北季風下風處，易受境外傳輸及地形造成之局部氣象條件不佳導致空氣品質不良。從本研究分析結果顯見臺中市空氣品質持續改善，惟受限地形與氣象條件等因素，空氣品質容易受到外來污染源影響，改善空污為長期工作，並非一蹴可及，建議需透過中央機關整合及地方政府跨區域合作共同防制綜合治理。

參考文獻

- [1] 吳淑萍、江俊彥(2018)：空污決戰臺中 盧批林住豪宅過濾空氣，TVBS News 2018年 11 月 1 日，摘取日期 2019 年 3 月 30 日，摘自 <https://news.tvbs.com.tw/politics/1020913>。
- [2] 邱天佑(2019)：初探空氣品質與選舉之關聯-以台中地區為例，2019 資源與環境學術研討會。
- [3] 行政院環境保護署(2020)：空氣污染物來自哪裡？摘取日期 2020 年 8 月 28 日，摘自 行政院 環境 保護 署 https://airtw.epa.gov.tw/CHT/Encyclopedia/pedia04/pedia4_1.aspx
- [4] 駱佳瑜(2020)：台美空氣污染政策比較，國立交通大學科技管理研究所碩士論文，新竹市。
- [5] 行政院環境保護署(2018)：中華民國空氣品質監測報告 106 年年報，摘取日期 2018 年 3 月 28 日，摘自行政院環境保護署空氣品質監測網 <https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/YearlyDataDownload.aspx>。
- [6] 邱天佑(2018)：2017 年花蓮地區 PM_{2.5} 與戶外休閒時段之關聯，2018 資源與環境學術研討會，294-298。

- [7] 行政院環境保護署(2020)：歷年監測資料下載，摘取日期 2020 年 8 月 28 日，摘自行政院環境保護署空氣品質監測網(<http://taqm.epa.gov.tw/>)。
- [8] 楊之遠(2018)：防空污 不只是關發電廠，聯合報 2018 年 12 月 6 日，摘取日期 2019 年 4 月 3 日，摘自 <https://udn.com/news/story/11321/3523061>。
- [9] 張順欽(2006)：台北市空氣品質近十年來變動型態及其顯現的意義，國立中央大學環境工程研究所碩士論文，桃園市。
- [10] 范振清(2014)：竹苗空品區 2008~2012 年空氣品質趨勢探討，國立中央大學環境工程研究所碩士論文，桃園市。
- [11] 林惠君(2017)：為何空污成為地方選舉熱門議題？遠見，摘取日期 2019 年 4 月 11 日，摘自 <https://www.gvm.com.tw/article.html?id=41027>。
- [12] 痞客邦部落格(2017)：比 PM_{2.5} 更難搞的污染物：臭氧(O₃)，摘取日期 2020 年 9 月 3 日，摘自 <https://windrivernews.pixnet.net/blog/post/460330037-%E6%AF%94pm2.5%E6%9B%B4%E9%9B%A3%E6%90%9E%E7%9A%84%E6%B1%99%E6%9F%93%E7%89%A9-%3A-%E8%87%AD%E6%B0%A7%28o3%29>
- [13] 莊寶玉(2005)：空氣品質資料分析-以中部空品區臭氧為例，朝陽科技大學環境工程與管理研究所碩士論文，台中市。

花蓮國強社區之老舊農村再造與永續發展案例探討
Exploring the Rural Village Redevelopment and Environmental Sustainability : A case
study of Guo-Qiang subdivision in Hualien

何志軒^{1*}、楊芳綺²

Chih-hsuan Ho^{1*}, Ta-Yung Tsai², Huei-Syuan Shiu², Chien-Hung Huasng³

1 大漢技術學院土木工程及環境資源管理系 副教授

Associate Professor, Department of Civil Engineering & Environmental Resources Management,

Dahan Institute of Technology

2 大漢技術學院土木工程與環境資源管理系 研究生

Graduate student, Department of Civil Engineering and Environmental Resources Management,

Dahan Institute of Technology

* Corresponding author: ho@ms01.dahan.edu.tw

摘要

政府為推動農村再生是「愛台十二項建設」施政主軸之一，目的是希望透過整合規劃的概念，執行農村再生計畫協助農村打造全新風貌，並依農村再生計畫的推動為農村社區之「在地組織及團體」，再交由直轄市或縣（市）主管機關進行審核。在農村社區內之「在地組織及團體」的想法未必等同於社區民眾，所以社區組織推動農村再生計畫時，組織內部非營利的產業結構，將使組織在推動農村再生時面臨嚴重的代理問題。

本文藉由輔導案例的模式，協助社區組織在推動農村再生計畫時，了解社區資源與需求，未來願景面向資料的建立，有助於真實的了解社區各種自然與人力資本，告知並協助社區居民解決問題的專業實務技巧，有效拓展農村社區全民課題，農村再生計畫的推動則必須增加社區居民的參與，藉由讓社區居民參與計畫使其不致於偏離社區的需求，最後也綜合提出對於社區組織與主管機關的省思與建議，以及後續發展方向建議。

關鍵詞：老舊農村再造、環境永續發展、環境規劃

壹、前言

農村再生條例通過之後，逐漸對農村社區的生活、生產、生態以及文化方面產生影響，以花蓮縣花蓮市國強社區為例，雖處花蓮市中心但還是以一級產業為主，也如農村普遍存在的人口老化與少子化問題，青年人口外移等因素，加上一般社區居民長期較欠缺對生活環境思考，執行計畫已力不從心，因而利用輔導社區居民來為社區環境營造之方式，來提升農村社區的改變。

國強社區位於花蓮市主要交通幹道中心的農村社區，花蓮縣政府水土保持局審核後認為該社區有農村再生活化之必要性，故提升該社區整體農村發展之需要，以現有農村社區為中心，強化由下而上的共同參與制度，建立農村產業、生活環境與自然生態等共同規劃及建設，除注重農村文化的保存與維護農村景觀之綠美化，以打造「都市農村」為方向積極輔導及協助社區，本研究因工作關係參與此社區輔導及協助該社區農村再生計畫核定、規劃與執行，透過社區組職推動產業發展，並凝聚社區共識來營造社區環境，深入參與社區期間累積的社區資料等來歸納。

因此本研究區域與所屬社區一部分為都市計畫區一部分屬非都市計畫區，農村社區係指非都市土地計有一定規模聚集及其鄰近因整體發展需要而納入區域，其範圍包括原住民族地區，而農村係由以農業生產為主得居民及農業活動區域所組成，其生活作息與領域範圍皆與農村有關，且與農業生產密切結合的農村生活，對於社區以文獻回顧、參與輔導的方式，實際了解當地社區居民的生活現況，其中包括產業型態與發展、地方特色、文化資源及社區內組職和團體的運作，研究社區居民對「農村再生」計畫的想法和對策。

貳、計畫緣起和規劃

水保局先調查農村社區生活現況，就社區之土地利用、產業型態與發展、公共設施、水土保持、交通運輸及農村住宅等現況予以調查分析。而後針對社區面臨的課題，分析社區發展之優勢與劣勢及社區推動農村再生因應對策。農村再生計畫的主要內容包括社區整體環境改善，公共設施建設、個別宅院整建、產業活化、土地取得方式與維護、生態保育、文化保存及活化後續管理維護財務計畫等9項，在融合地方特色宣導與體驗以及人才培育結合社區總體營造的概念，實現農村再生的願景。

為使社區整體農村發展更完善，透過整合概念以國強社區農業文化為主軸，規劃出文化傳承、生態維護、景觀美化、產品推銷、遊憩體驗等方向發展，目前社會趨勢以產業、生活、生態、文化等一系列的關係互相牽動，希望能達到農村產業自主化、生態保育永續化、生活環境優質化、並注重文化保留維護與社區環境綠美化等為目標，創造社區永續發展與活力，打造「都市農村」的主要課題。



圖 1.國強社區農村再生範圍區域圖

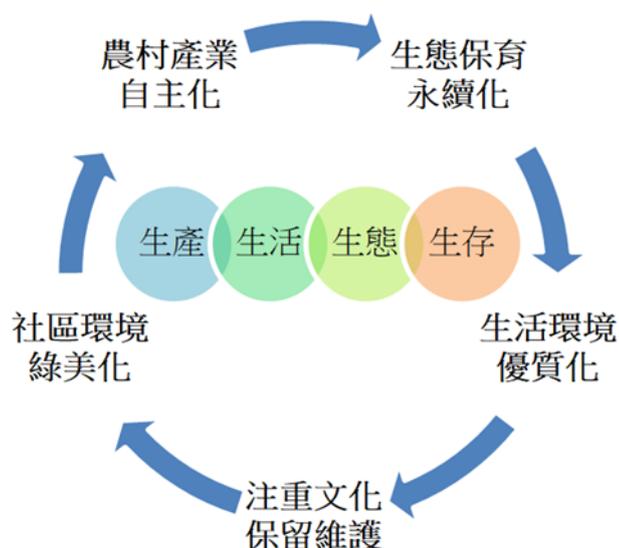


圖 2. 國強社區四生一體規劃圖

國強社區對外之交通堪稱便利。貫穿社區的主要道路有二條，分別是台九線 30 米及花 28 線，兩線的交會處，即本社區的核心地帶-百年老榕樹。社區對外之聯繫，通常使用此兩條道路見，道路鋪面為瀝青，路況良好。而若欲與周邊其他鄉鎮聯絡，主要利用省道台 9 線(南北向)及縣道 28 (東西向，已建築完成，命名為十六股大道)。

「市民農園」是都市農業的一種，為的是改善都市近郊的農業生活結構，由農民提供耕地，由市民承租，以種植蔬菜、花卉、果樹及景觀植物，來體驗農村生活樂趣。位於十六股的市民農園，為花蓮市農會於 86 年 1 月設置 1.5 公頃，均由農會向農民承租耕地再接受市民承租，以 15 坪為一單位小區，每區租金 1,000 元，裡頭的市民農夫也是

秉持著「市民農園」的精神，以種植、務農為興趣，發展出別具特色的市民農園社區。這樣的生活體驗，不僅能在近郊打造田園風情，促進親子交流，更重要的是能夠活用農業資源，提供休閒、自然教育、活動體驗的好場所，讓自己跟民眾都能體驗農作的樂趣。因此來到十六股，除了參觀歷史悠久的延平王廟，還可到市民農園參觀。這裡的市民農夫都以種植蔬菜為興趣，發展出別具特色的市民農園社區。

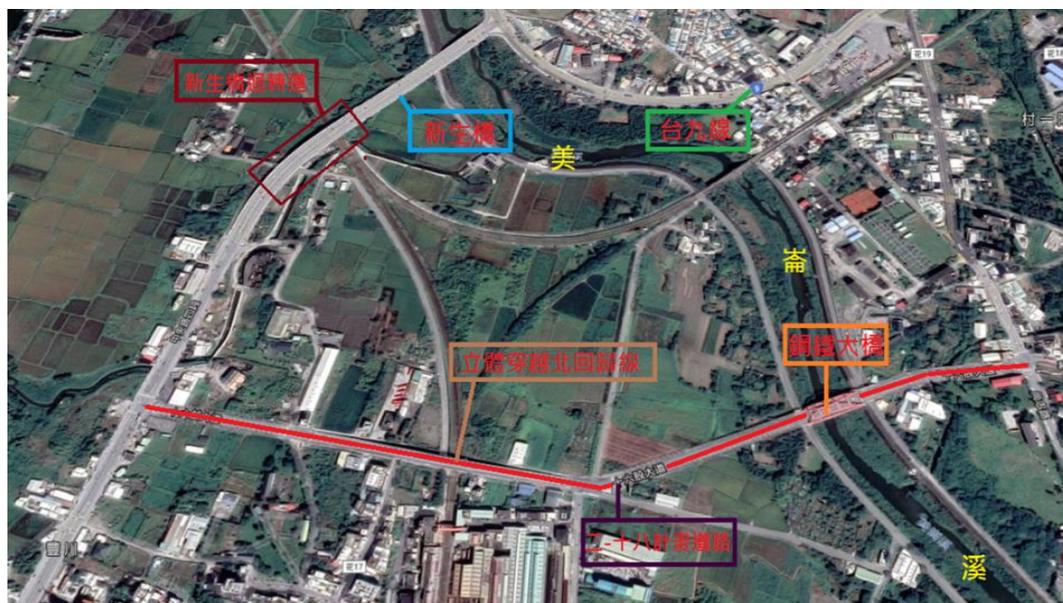


圖 3. 國強社區對外交通圖



圖 4. 市民農園

為因應本社區整體發展規劃，配合各項公共設施之配置，以利土地合理的利用與管理，本社區有依農村再生發展區規劃原則，劃設農村再生發展區計畫之需求，請縣市政府以符合社區發展需求為前提，並為維持本社區農村生活、農業生產、農地生態等典型農村型態之風貌，建議劃設農村再生發展分區，以維持其各自區域之完整性。

(一) 第一年 農村開發

表 1. 農村計畫規劃表

工作項目	<ol style="list-style-type: none"> 1.集結地方群體，建立健全產業，產業輔導說明。 2.辦理計畫說明會，產業共識推動會議。 3.產業經營管理，導覽人才培訓，產業交流觀摩活動。 4.建置農村特色服務中心。
執行說明	<p>說明計畫目標及執行項目，讓計畫標的團體了解相關內容；定期召開推動工作會議，協助業者獲得相關經驗與資訊，深入加強輔導升級及向外推廣，為有效幫助產業經營發展，培養在地導覽人才，使農村產業向下扎根；辦理觀摩活動行程讓居民及業者學習相關經驗和意見交流，建置社區體驗區，整合社區內多元產業技藝及農特產品，以社區文化傳承與產業發展為主軸。</p>
實施方法	<ol style="list-style-type: none"> 1.將執行項目及計畫目標相關書面資訊整備好。 2.擬定各項討論議題，並定期召開推動工作會議。 3.實地訪視業者並提供專業建議。 4.安排課程講師及內容，邀請相關經驗的業者共同參訓，辦理導覽師資課程培訓。 5.規劃觀摩重點行程。 6.整合社區內具有潛力產業，發揮區域性多元化產銷平台，創造農村就業機會。

(二)第二年 產業活化

工作項目	<ol style="list-style-type: none"> 1.輕旅行形象設計，主題網頁設計建置，製作輕旅行影片推廣。 2.Q版伴手禮廣告設計，加強地方特色文化，。 3.輕旅行行程規劃摺頁、體驗手冊、特色印章等。 4.故事行銷內容編列，特色意象設計，現場彩繪活動等。
執行說明	<p>規劃社區內農村特色產業形象設計以及故事行銷方式來包裝社區農村特色產業，給予消費者以往不同的感覺，串連在地觀光民宿業者透過網路宣傳行銷特色遊程及相關特色產品，吸引消費者前來旅遊的興趣，建立社區農村產業優質形象。</p>
實施方法	<ol style="list-style-type: none"> 1.針對社區農村特色及地方文化開發設計，設定故事行銷主題及內容。 2.運用網路媒體行銷吸引消費者，並且以社區特色產品及遊程為主軸開發相關伴手禮。

(三) 第三年 多元拓展

工作項目	1.產業通路的拓展，行銷活動的宣傳，數位資訊環境的推動。 2.彙整相關產業資訊，比對符合社區行銷形象策略。 3.加強宣傳社區特有文化及慶典，規劃生動有趣之活動。
執行說明	幫助社區打造特色意象體驗區和活動區，如:Q版人偶、特有街景、現場製作產品或藝品等，促進產品銷售量，建立業者自信心。
實施方法	1.建立數位化網路系統，可預訂社區內所串聯之業者提供之所有商品，如：食、衣、住、行、育、樂等。 2.規劃社區活動流程營造優質的數位推動環境，建立雙方便捷之通路。 3.邀請網路工作者撰寫在地特色題材。

(四) 第四年 永續發展

工作項目	1.社區產業導覽、志工等種子領袖培訓活動。 2.行銷宣傳農村各階段主題活動的成果發表會。 3.推展產業永續發展工作會議。
執行說明	建立團隊共識養成並培訓產業種子領袖，提升產業品質及形象品牌之成果，透過活動前後工作會議檢討並改善，建立業者自信心使其共榮參與，有效結合凝聚在地力量，達成永續經營的共識。
實施方法	1.規劃安排相關課程內容及邀請講師授予專業知識。 2.定期舉產業永續發展工作會議及產業經營相關資訊彙整。 3.各類活動之成果發表流程規劃是否完善。

叁、文化資源與地方特色

本社區的居民主要信仰以佛、道教為主，清咸豐元年，漢族先民，恭迎延平郡王鄭成功暨部將甘輝、萬禮神像東來設案奉祀，已屆一百五十七周年，為當時居民信仰中心，是本縣歷史悠久古蹟廟宇，其經過與東部地方開發息息相關，互相輝映。除前述主要信仰中心外，社區內仍有其他信仰。

清咸豐元年，漢族先民，恭迎延平郡王鄭成功暨部將甘輝、萬禮神像東來設案奉祀，已屆一百五十七周年，為當時居民信仰中心，是本縣歷史悠久古蹟廟宇，其經過與東部地方開發息息相關，互相輝映。



圖 4. 每年先民節慶圖

清咸豐元年先民黃阿鳳先生(台北艋舺、今萬華)，自台北、淡水等地，邀同十六位股東出資合股，募集佃戶兩千兩百多人東來拓墾；行前，至台南恭迎延平王鄭成功暨部將甘輝、萬禮神像設案奉祀、庇護墾民。時為防原住民侵擾，築堡自衛。期間郡王神威顯赫，深獲庇蔭，人畜鼎盛。迨咸豐九年建廟，廟即以庄為名「復興宮」，兩側置鐘、鼓二台，以充警備瞭望之用，附近數百公頃良田，均屬當時先賢披荊斬棘所開發。

十六股之亂平定後，林蒼安等人往北部召集大批漢民，再來此地耕作名叫新富興庄，為了和平埔族人和平相處，採壯丁通婚。富興宮就在此時重建，並供奉為開發十六股犧牲的先民，作為表彰開庄的功勳。昔日復興宮復建經費結餘，一律作為資助新客到花蓮創業，凡初期來到的伙食和資金不足，給予濟助，一直到能獨立為止。也有人還願獻金的列帳綜合運用。每年兩次大拜拜時，大宴各蕃社社民，這種作法無非是聯絡感情，事實上也頗見奏效，從此大家相安無事。而十六股所以成為花蓮發祥地，主要是美崙溪拔便港「陸軍港」的地理條件「因勢利導」。(資料來源花蓮講古、林炬壁著)。

本廟主祀延平王，配祀五穀先帝、福德正神及當年歿於防衛、癘疫及積勞病故先賢神位祀於廟內左側。每年農曆元月十六日及七月十四日(現改為國姓公誕辰日七月十四日舉行祝壽祭典)聚眾聯歡，並邀宴原住民族人一同參與。

每年農曆元月十六日及七月十六日(現改為國姓公誕辰日七月十四日舉行祝壽祭典)聚眾聯歡，另新夏部落(Singsia)的阿美族群三大慶典，六月份的捕魚季、八月份的豐年祭，十二月份的狩獵季，最重要的慶典當屬每年八月份所舉行的豐年祭典，外出的遊子必定返鄉與會。



圖 5. 延平王廟文化資產



圖 6. 傳統慶典圖

肆、結論與建議

本研究是承辦負責輔導並協助促進社區農村再生計畫的撰寫與未來規畫的執行，與社區建立關係訓練社區組職人員學習參與會議模式提供資源，及運用道德倫理讓其遵守公共行政規範，並參與輔導社區內部組織相關層面的機會，以多元角度來觀察社區領導對農村再生計畫的認知及態度、社區未來的發展願景與持續輔導的需求。

本研究方法是由輔導計畫在計畫撰寫期間時完成，因此常會有力不從心之感。建議檢討返鄉青年在農村再生計畫組職內所扮演的功能角色及農村社區後續提案執行的合理性與成效的評價，農村再生對社區內新建設施與辦理諸項活動的滿意度的評價。

參考文獻

- [1] 花蓮縣富里鄉羅山社區發展協會，花蓮縣富里羅山社區農村再生計畫「樂活羅山-有機低碳智慧生活村」(2003)。
- [2] 屏東縣內埔鄉東片社區發展協會，屏東縣內埔鄉東片社區農村再生計畫「東片慢活健康村·果香人情傳千里」(2004)。
- [3] 屏東縣鹽埔鄉彭厝社區發展協會，屏東縣鹽埔鄉彭厝社區農村再生計畫「鐵道鷹鷲飛翔、紙漿造街、古厝、老樹、技藝遊」(2006)。
- [4] 黃昭通，「農村再生計畫社區願景藍圖表現法」，國立中興大學森林系。
- [5] 臺南市南寮文化產業協會，臺南市白河區南寮社區農村再生計畫(2004)。

探討餐飲業油煙防制設備於自主管理維護後效能評估
以花蓮東大門夜市燒烤、油炸類店家為例

Research the effectiveness evaluation of oil fume control equipment in the catering industry after Self-management and maintenance – Case study of barbecue and deep fried at Dongdamen night market In Hualien County

吳紀賢^{1*} 孫偉碩² 林憶茹³

Ji-Hsien Wu^{1*}, Wei-So Sun², I-Ru lin³

1 祥威環境科技股份有限公司 計畫經理

Project Manager ,Sunway Environmental technology co., ltd.

2 祥威環境科技股份有限公司 專案經理

Project Manager ,Sunway Environmental technology co., ltd.

3 祥威環境科技股份有限公司 計畫工程師

Project Engineer ,Sunway Environmental technology co., ltd.

* Corresponding author: matang2003@gmail.com

摘要

台灣以美食為名，其中更以夜市小吃為眾多美食特色之一。花蓮縣以發展觀光產業為主，東大門夜市更成為指標景點，常湧入大量人潮，若夜市餐飲攤販所裝置空污之防制設備，未能有效處理油煙與異味排放，易造成空氣污染及民眾陳情。因此，本研究將針對東大門夜市燒烤、油炸類烹飪性質之餐飲業，使用手持式儀器監測並推估油煙防制系統處理效率，且對自主管理流程進行可行性研擬與建議，以提升防制設備處理效益為目標，並降低污染物未經處理直接暴露於空氣中而造成環境污染。

由本研究檢測結果顯示，燒烤類在設備維護保養後作業區、非作業區及排放口去除率分別提升 40.00%、35.43% 及 32.39%；油炸類在設備維護保養後作業區、非作業區及排放口去除率分別提升 13.08%、13.64% 及 31.98%，即有效提升前、末端防制設備處理效率。另推估配合店家較合理前端處理設備保養維護時間為 1 週/次；而末端處理設備維護保養時間為 4 至 6 週/次。由結果可說明，透過本試驗建議維護時間定期維護保養可改善周界排放濃度，燒烤類及油炸類 PM_{2.5} 年削減量分別為 15.35% 及 8.09%。未來可應用於相同烹飪性質之餐飲業，即有效提升設備處理效率，並減少店家污染物排放，改善空氣品質。 **關鍵詞：** 空氣污染、餐飲油煙、油煙防制、自主管理、PM_{2.5}

壹、前言

1.1 研究背景：

花蓮縣境內風景秀麗，近年觀光旅遊人潮大量湧入，東大門夜市位於花蓮市中心，區域包括「福町夜市」、「原住民一條街」、「自強夜市」、「各省一條街」各式特色美食林立。其中夜市小吃易產生油煙污染店家分別為 34 家、36 家、39 家及 24 家共計 133 家[1] [2]，而在各攤位當中，因燒烤及油炸類比其他烹飪型態店家設置成本較低，其設置比例相對較多。

餐飲業在烹調所排放的油煙如未經妥善處理，易導致遊客及鄰近居民不良之感受，其常見問題包含[3]：(1)油煙收集效果不佳，導致廚房油煙瀰漫危害健康。(2)排放口設計不良，油煙、異味(熱氣)直接影響民眾、廢氣排放至溝渠，造成油垢阻塞及容易發臭。(3)擴散條件不良或防制設備未定期保養，將導致年久失修故障而無法運作。

餐飲業出現異味的原因大多數因為烹煮過程產生之油煙未能有效防制，或未經處理即逕排大氣中，影響鄰近的空氣品質[4]。而餐飲業作業時常產生PM_{2.5}，其濃度高時有害於環境之空氣品質外，更有學者研究Peter et al.(2004)指出在濃度PM_{2.5}環境下曝露數小時則有增加心肌梗塞風險[5]；依據行政院環境保護署之 108 年餐飲油煙防制設備設置組合指引手冊[6]建議指出，廚房排油煙設備應定期維護(包含集氣罩內濾網、排風管內油污及油煙防制設備)，若系統內油污累積未定期清理，將影響排煙效果並增加廚房火災的風險，更是導致安全及衛生相關問題原因。

鑑於(108)年度 6 月 3 日及 10 月 7 日東大門夜市部分攤商火災影響，其主因為排煙管線內油污累積引發起火所致，更加顯示油煙前、後端防制及排煙系統定期保養維護的重要性，此部份亦為店家設備自主管理時常被忽略的重點。

1.2 研究動機與目的

由於餐飲業在設置設備及保養頻率往往取決於烹飪性質與消費人數，其變數甚大，許多店家只知設備需定期維護保養，但無法確定設備正確的維護保養時間，甚至不知設備需要進行保養。另外，常有業者受限於設備大小與經費考量，便宜行事裝設效能不足之設備。因此，為減輕業者裝設負擔，在無增設空間及經費考量，並在現有設備條件下，找尋降低店家設置成本方法，嘗試提升業者改善意願。

本研究針對東大門夜市配合店家(燒烤及油炸)進行試驗，利用科學儀器-手持式空氣品質監測儀，於店家油煙設備維護保養前、後之PM_{2.5}監測，透過數據評估店家自主管理維護時間合理性，並給予店家改善建議，達提升設備防制效率及降低污染濃度之目的，也為東大門夜市推動『環保夜市』之路邁進。

貳、實驗方法

2.1 實驗儀器

本次研究主要是利用手提直讀式空氣品質監測儀進行監測，以配合店家為主，且在不影響設備裝設操作下執行。本研究係採用Met One Instruments Inc. 公司設備Aerocet 831-6100(手持式空品監測儀)進行PM_{2.5}監測，可選擇採樣模式為手動或連續式監測；而Lutron公司設備LM-81AM掌上型風速計為。(圖 1)。



手持式空品監測儀

掌上型風速計

圖 1 監測儀器照片

2.2 儀器規格與校正

本研究使用空品監測儀主要型號為Aerocet 831-6100，其規格可偵測PM₁、PM_{2.5}、PM₄及PM₁₀等四種粒徑之懸浮微粒，偵測極限為0至1,000 μg/m³，採樣流量為0.1ft³/min；而風速計規格為LM-81AM，偵測極限為0.4至30.0m/s，精準度為≤20m/s ± 3% F.S。以上設備於使用前，定期送往儀器校正實驗室進行校正。

2.3 監測及採樣方法

本次試驗店家屬東大門消費者較喜好，挑選人潮較多之店家，首先將進行攤商意願調查，並針對店家可配合每周監測，與店家達成共識後始而監測。而本試驗以燒烤及油炸類店家為主，店家設備介紹如表1所示：

表 1 試驗店家設備介紹

烹飪類型	風速m/s	管徑m ²	前端設備	末端設備
燒烤	6.0	0.126	檔板	靜電
油炸	6.0	0.126	檔板	靜電+水洗機

2.4 採樣流程及位置

本次試驗於為作業時及未作業時進行採樣，而燒烤業(109/5/4 至 109/8/3)及油炸類(109/7/30 至 109/9/29)兩店家於試驗期間內每周固定時間進行採樣，採樣時以店家營業時設備維護前、後作為比對，在初步探討後給予店家改善建議，接著進行效能評估(如圖2)。其中，未作業時於業者開店前進行監測，其濃度範圍為6.2μg/m³至9.6μg/m³。

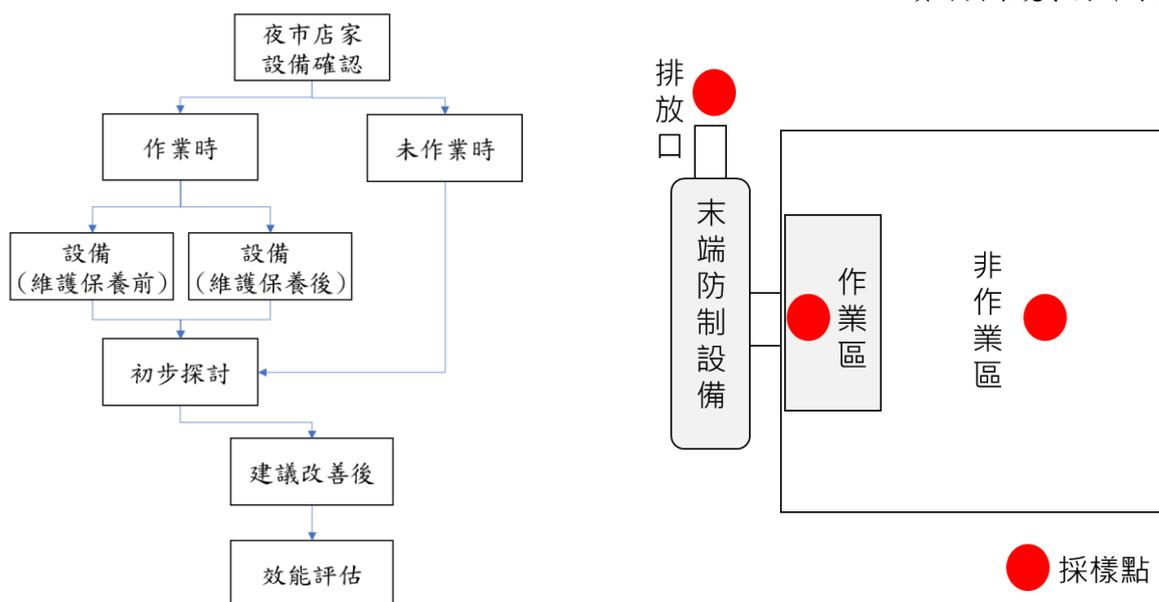


圖 2 採樣流程及位置

於各採樣點皆設置三腳架，並於架上放置採樣設備，且距離 1m 內固定位置進行採樣。在設備保養的部分，前端設備維護保養為店家自行處理；而末端設備兩店家皆請廠商進行維護保養，店家維護完成後皆記錄時間並拍照(圖 3)。



圖 3 採樣及設備保養情形

參、結果與討論

3.1 設備維護前、後監測結果

本次試驗在設備維護前，於排放口、作業區及非作業區監測濃度分別為 $38.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $28.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 及 $28.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；設備維護後排放口、作業區及非作業區監測濃度分別為 $26.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $17.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 及 $14.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。本次試驗原定為期 8 周，但因燒烤試驗店家至第 6 周時，排放濃度達 $43.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 已超過原排放濃度，即表示設備需維護保養，故停止試驗並要求業者盡快清洗設備。從圖 4 燒烤業分區監測濃度變化，可看出於不同位置採樣則濃度有所不同。監測結果以排放口濃度為最高，其次為作業區和非作業區。

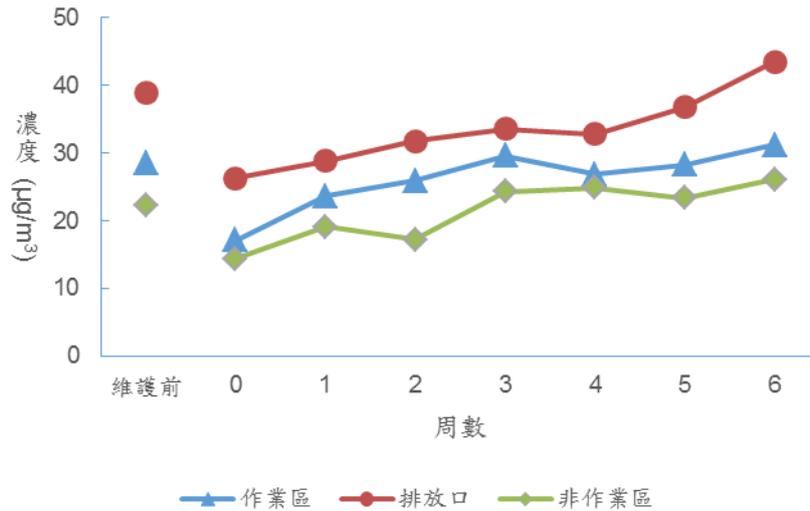


圖 4 燒烤業分區監測濃度變化

圖 5 為油炸類分區監測濃度變化。從圖可看出周界監測排放口濃度為最高，其次為作業區和非作業區。在設備維護前排放口、作業區及非作業區監測濃度分別為 $49.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $21.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 及 $19.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；設備清洗維護後排放口、作業區及非作業區監測濃度分別為 $33.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $18.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 及 $17.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。從圖明顯可看出約在第 6 周時排放口濃度逐漸趨緩，說明末端防制設備漸漸失去處理效能。而比對作業區及非作業區周界濃度發現，有同步上下波動情形，初步猜測可能與前端清洗設備頻率有關。

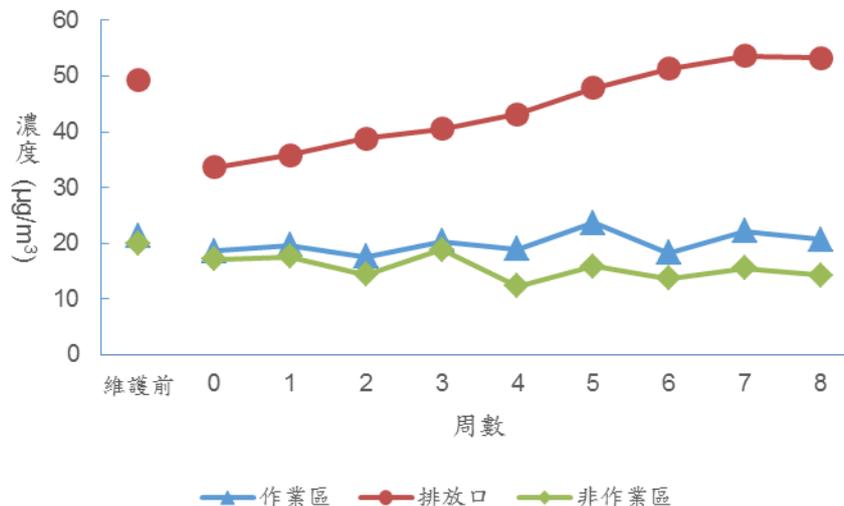


圖 5 油炸類分區監測濃度變化

在燒烤及油炸類店家末端設備維護前，濃度高點經由線性迴歸推估分別為約 5.28 周及 6.89 周，經調整清潔頻率分別改為 4 周及 6 周；而燒烤及油炸類店家前端防制設備清洗頻率原為 4 周及 2 周清洗乙次，雖兩店家於時間內清洗前端設備，且作業區排放濃度大多低於原始濃度以下水準，但依據環保署 108 年公佈餐飲油煙防制設備設置組合指引手冊建議，且考慮安全及衛生等因素，故建議業者改為每周清潔維護乙次(如表 2)。

表 2 店家設備維護保養前、後清洗頻率調整比較

烹飪類型	維護前端清洗 頻率(周)	維護後端清洗 頻率(周)	維護前末端清 洗頻率(周)	維護後末端清 洗頻率(周)
燒烤	4	1	8	4
油炸	2	1	8	6

3.2 改善後監測結果

圖 6 為燒烤業改善後分區監測濃度變化。從圖中可得知，店家於每周固定清洗前端設備，相較於設備維護保養前作業區濃度有明顯降低趨勢，其作業區濃度約為 $17.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 至 $18.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；而在非作業區，雖於第 2 周時有測得最大濃度為 $24.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，但低於設備維護前最大濃度；在排放口濃度於第四周時濃度為 $32.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相較於設備維護保養前周界污染濃度有明顯下降趨勢。從上述結果看來，作業區、非作業區及排放口濃度皆有明顯下降，再由線性迴歸計算推估於 8.49 周始將達設備維護前原始濃度，說明了縮短清洗頻率不僅能使設備維持效能，亦能改善周界排放濃度。

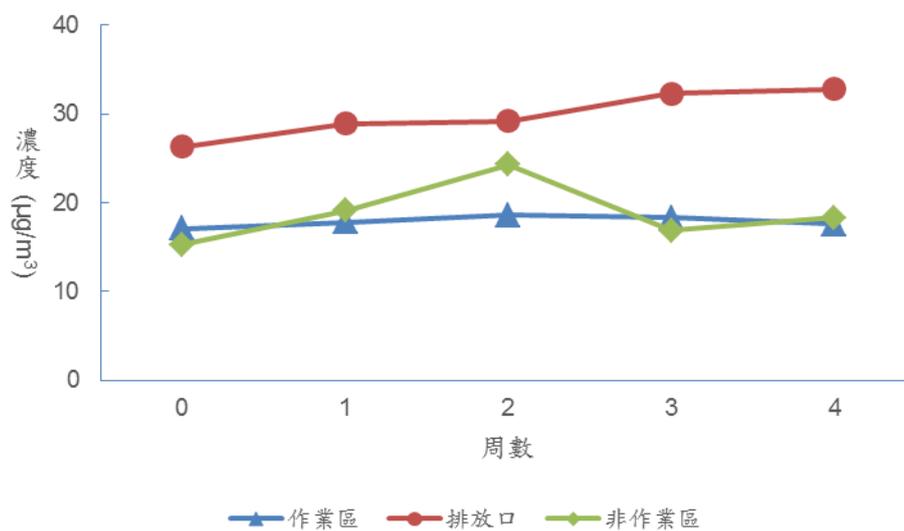


圖 6 燒烤業改善後分區監測濃度變化

圖 7 為油炸類改善後分區監測濃度變化。從圖中可得知，作業區濃度有明顯降低，並且維持相當穩定濃度，其濃度範圍約為 $17.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 至 $18.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；在非作業區監測濃度與作業區濃度大致相同，作業區濃度越高而非作業區濃度也隨之增加，說明了前端設備維護保養頻率，與作業區及非作業區會相互影響；在排放口濃度於第 6 周時濃度為

47.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。比較設備維護前排放濃度皆有下降趨勢，而由線性迴歸推估於 5.02 周始將達設備維護前原始濃度，故說明可有效改善周界排放濃度。

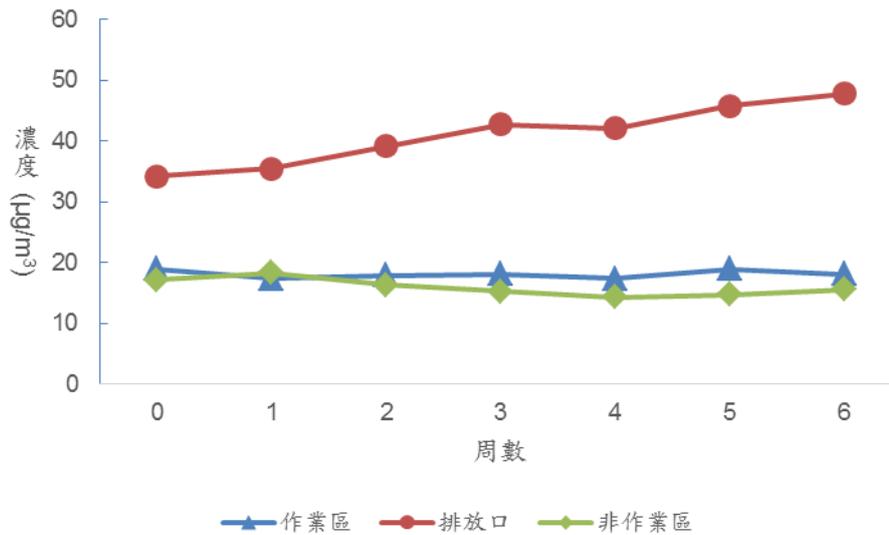


圖 7 油炸類改善後分區監測濃度變化

綜合以上數據，可看出燒烤及油炸類所排放濃度不相同，經設備處理後可有效處理污染物，且維護保養後可維持設備效能，並且需配合定期自主管理，方能改善周界污染濃度，提升空氣品質。

另外，經觀察發現燒烤業在進行烹飪塗佈醬料時會產生大量油煙，塗佈醬料越多產生油煙量也越多，而產生油煙則會沾附於設備上，因此，污染濃度可能與塗佈醬汁有關，為導致設備處理效率下降原因之一；油炸類則可能與炸物含水量有關，需再另作探討。而本次試驗主要比較設備維護前、後差異，由此數據可作為比較之基準，未來研究可朝相同性質、設備及操作條件下進行，提升數據精準度。

肆、結論與建議

1. 本次驗證結果可看出，設備維護後明顯降低排放濃度，其中，燒烤業店家排放口 $\text{PM}_{2.5}$ 去除效率提升約32.39%，作業區 $\text{PM}_{2.5}$ 去除效率提升約40.00%，非作業區 $\text{PM}_{2.5}$ 去除效率提升約35.43%；油炸類店家排放口 $\text{PM}_{2.5}$ 去除效率提升約31.98%，作業區 $\text{PM}_{2.5}$ 去除效率提升約13.08%，而非作業區 $\text{PM}_{2.5}$ 去除效率提升約13.64%。由此說明縮短清洗頻率，有助於維持設備處理效能。
2. 以東大門夜市攤位營業時間18時至24時統計，約每日營業6小時。燒烤業店家設備維護前，末端清洗維護頻率為8週， $\text{PM}_{2.5}$ 排放量約為0.80kg/年。經建議改善後清洗頻率改為4週， $\text{PM}_{2.5}$ 排放量約為0.67kg/年，年度 $\text{PM}_{2.5}$ 削減量約為0.12kg/年，而削減比例達15.35%。油炸類店家設備維護前，末端清洗維護頻率為8週， $\text{PM}_{2.5}$ 排放量約

為1.87kg/年。經建議改善後清洗頻率改為6週，PM_{2.5}排放量約為1.72kg/年，年度PM_{2.5}削減量約為0.15kg/年，而削減比例達8.09%。

3. 經本研究發現，夜市多為小規模店家，業者基於經費考量則會選擇價格較低之防制設備，而忽略設備效能。建議以店家現有設備進行不同操作條件(烹飪數量、風速)比較，找出最佳操作參數，研擬符合各類餐飲烹飪性質之操作與設置模式，並給予業者建議改善，進而提升夜市空氣品質及維護民眾健康。

誌謝

感謝花蓮縣環保局及配合店家，協助本團隊進行餐飲業效能評估試驗，方能使本次試驗得以順利完成，僅此致謝。

參考文獻

- [1]107-108 年花蓮縣逸散污染源稽查管制計畫，期末報告。
- [2]109 年花蓮縣逸散污染源稽查管制計畫，期中報告。
- [3]蕭江碧、陳建忠、鄭紹材、蔡銘儒、蘇蕊芬、黃秀容、許志福(2000)：住宅廚房火災防制對策及技術之研究，內政部建築研究所。
- [4]曾威憲(2017)：「餐飲排氣異味化學洗滌：實場設備性能測試」，中山大學環境工程研究所碩士論文。
- [5]Peter, A., Vonklot, S., Heier, M., Trentingaglia, I., Hormann, A., Wichmann, H. E., Lowel, H., 2004. Exposure to Traffic and the One set of Myocardial Infarction. *New England Journal of Medicine*, 351, 1721-1730.
- [6]108 年「餐飲油煙防制設備設置組合指引手冊」,行政院環境保護署,p.3-6。

花蓮縣室內空氣品質檢測-以醫療機構二氧化碳檢測為例 Indoor Air Quality Detecting in Hualien County-Taking Carbon Dioxide Detecting in Medical Institutions as an Example

鍾曜濬^{1*} 孫偉碩² 廖昭傑³

Yao-Chun Chung¹, Wei-Shuo Sun², Chao-Chieh Liao³

1.祥威環境科技股份有限公司 計畫經理

Project Manager ,Sunway Environmental technology co., ltd.

2.祥威環境科技股份有限公司 專案經理

Project Manager ,Sunway Environmental technology co., ltd.

3.祥威環境科技股份有限公司 專案工程師

Project Engineer ,Sunway Environmental technology co., ltd.

* Corresponding author: zhunrenmax@gmail.com

摘要

現代大型建築為民眾上班、居住及休閒等主要活動場所。環保署資料顯示，國人平均每人每天約有 90% 時間處於室內環境中(含辦公及居家時間)，故室內空氣品質(Indoor Air Quality, IAQ) 好壞，會影響人體健康及工作品質。

為強化室內空氣品質管制工作，擴大納管場所範圍及對象，提升場所室內空氣品質，環保署已於 103 年公告花蓮縣室內空氣品質列管單位第一、二批共 30 家場所，其中 3 家為醫療機構。

本研究針對全縣 30 家環保署列管單位，以攜帶型直讀式儀器進行二氧化碳(CO₂)濃度即時檢測後將室內空氣品質較不良之單位，再聘請 3 位專家學者辦理室內空氣品質診斷服務，經專家學者提供改善方案以提升室內空氣品質。本研究自 106 年 1 月起至 109 年 6 月底每季進行一次 30 家列管單位二氧化碳(CO₂)濃度即時檢測，經研究結果顯示，醫療機構 CO₂ 濃度大都介於 850~1000ppm 之間且接近法規標準值 1000ppm，而其他類別場所如：政府機關、商場、圖書館、健身房、金融機構及電影院，CO₂ 濃度大都介於 600~800ppm 之間，本研究發現花蓮縣 30 家列管之醫療機構 CO₂ 濃度值比其他類別場所測值高，故選擇以本縣醫療機構作為探討。彙整數據結果發現醫療機構與其他類別場所 CO₂ 濃度值有顯著差異，主要因為 CO₂ 濃度與場所人口數呈正相關，經專家學者建議醫療機構於人員進出頻繁之處，應定期保養及清潔空調系統，並加強通風及增加室內換氣量，以維持良好室內空氣品質，避免因內部空氣長時間循環而造成污染物累積，進而影響身體健康。

關鍵詞：室內空氣品質(IAQ)、即時檢測、醫療機構、二氧化碳(CO₂)

壹、前言

近年來室內空氣健康危害的議題逐漸被大家所重視，尤其是最近二、三十年來大眾生活型態的改變，使得人們在密閉的居住空間或是辦公空間裏享受空調系統帶來的舒適便利之餘，「病態建築物症候群」(Sick Building Syndrome) 也應運而生。在密閉的建築物內，如果室內通氣量不足時，污染物就容易蓄積而導致室內空氣品質惡化。

大氣中二氧化碳的含量約在 0.03~0.04% 之間，在潔淨的室內環境中，二氧化碳濃度會接近大氣中的濃度約 350ppm，而室內二氧化碳來源主要來自人類呼吸、吸菸及燃燒行為，當室內人多或是通風不良時，就容易造成二氧化碳濃度過高，同時其他的汙染物濃度也會相對提高，因此，二氧化碳一直以來都被視為是判斷室內空氣品質好壞最重要的指標，同時也是用來評估室內人數密度是否過高以及通風換氣是否良好的重要指標。

為此本研究針對縣內 30 家列管場所(政府機關、商場、圖書館、健身房、醫療機構、金融機構及電影院)於場所尖峰時段進行二氧化碳(CO₂)濃度即時檢測，發現醫療機構二氧化碳(CO₂)濃度皆比其他場所來的高，不知是否因場所人數太多或是通風換氣設備不良而造成二氧化碳(CO₂)濃度偏高，故此進行探討人數多或少對場所二氧化碳(CO₂)濃度的影響。並經由專家學者輔導醫療單位，給予場所改善建議以符合環保署公告「室內空氣品質建議值」及確保出入醫院人員的身體健康之目的。

貳、研究方法

本研究以環保署列管花蓮縣醫療機構為主，為了解人口數對二氧化碳(CO₂)濃度之變化，對列管醫療機構候診區以攜帶型直讀式儀器(TSI-7515 型) [1]~[3]進行二氧化碳(CO₂)濃度即時檢測後將室內空氣品質較不良之單位，再聘請 3 位專家學者辦理室內空氣品質診斷服務[5] [6]，經專家學者提供改善方案以提升室內空氣品質。

	檢測項目	二氧化碳(CO ₂)
	感應器型式	雙波長NDIR(非擴散是紅外線)
	範圍	0~5,000ppm
	準確度	±3.0% 讀值或±50ppm，取最大
	解析度	1ppm
	反應時間	20 秒鐘

圖 1 直讀式儀器 TSI IAQ-CALC™ 7515 型



圖 2 3 家醫療機構進行二氧化碳(CO₂)濃度檢測



圖 3 3 家醫療機構辦理專家學者輔導

2.1 資料蒐集

環保署列管花蓮縣醫療機構分 2 批次公告，第一批公告A醫院，第二批公告B醫院及C醫院。本研究挑選醫療機構尖峰時段執行縣內重要公共場所室內空氣品質輔導，實地至醫療機構進行室內空氣品質檢測及輔導改善。

表 1 為自 106 年 1 月起至 109 年 6 月底每季進行一次花蓮縣醫療機構列管單位二氧化碳(CO₂)濃度即時檢測及場所人數統計表，檢測時間為早上(10~12 時)、下午(13~14 時)，檢測範圍為每家醫院候診區域檢測 5 點次，並平均 5 點次二氧化碳(CO₂)濃度作為參考依據。[4]~ [6]

表 1 醫療機構二氧化碳(CO₂)濃度及人口數統計表

單位：ppm		CO ₂ 標準值：1000					
年度	項目	A醫院候診區		B醫院候診區		C醫院候診區	
		1000~1200	1300~1400	1000~1200	1300~1400	1000~1200	1300~1400
106	平均人數	120	70	110	80	120	90
	年平均均值	1037	963	1037	987	1058	949
107	平均人數	90	60	90	70	80	60
	年平均均值	973	905	928	899	945	884
108	平均人數	100	70	90	60	70	40
	年平均均值	968	871	967	858	926	880
109	平均人數	90	50	90	50	70	30
	年平均均值	879	811	834	796	923	778

2.2 資料分析

106~109 年針對 3 家醫療機構進行檢測，分別以 A、B、C 醫院簡稱，由資料內分析得知 3 家醫院皆在早上 10 點至 12 點人數較多時二氧化碳(CO₂)濃度比下午 1 點至 2 點人數較少時來的高[5]~ [8]。

依資料比較 106~109 年人數對二氧化碳(CO₂)濃度[4]~ [6]的引響，106 年二氧化碳(CO₂)濃度年平均最高為 C 醫院 1058ppm、次高為 A 醫院及 B 醫院 1037ppm。107 年二氧化碳(CO₂)濃度年平均最高為 A 醫院 973ppm、次高為 B 醫院 928ppm、最低為 C 醫院 945ppm。108 年二氧化碳(CO₂)濃度年平均最高為 A 醫院 968ppm、次高為 B 醫院 967ppm、最低為 C 醫院 926ppm。109 年最高為 C 醫院 923ppm、次高為 A 醫院 879ppm，最低為 B 醫院 834ppm。

由資料得知當人數達 100 以上時二氧化碳(CO₂)濃度容易超過或接近標準值 1000ppm，就算人數小於 100 人，二氧化碳(CO₂)濃度也落在 770~987ppm 之間，亦接近法規標準值。因此可以知道人數多或少是直接影響二氧化碳(CO₂)濃度高低的最主要因素。

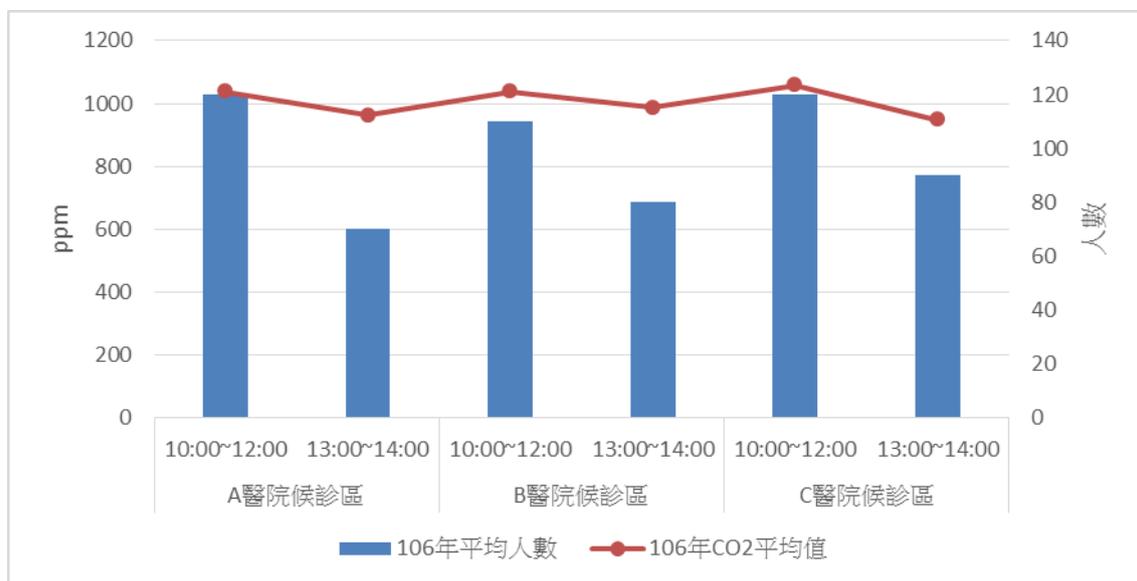


圖 4 106 年人數對二氧化碳(CO₂)濃度趨勢圖

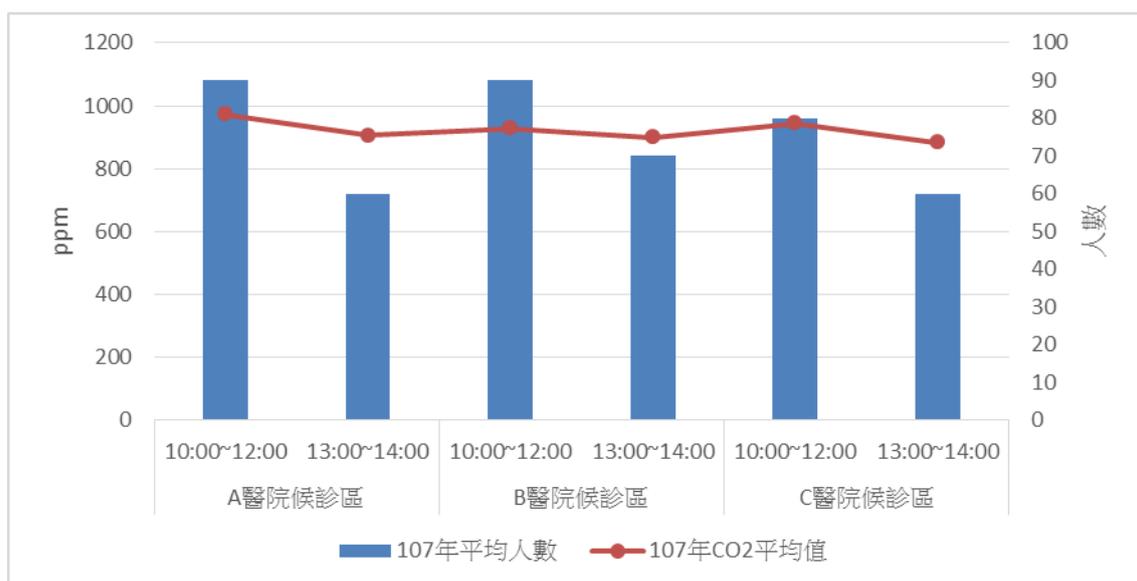
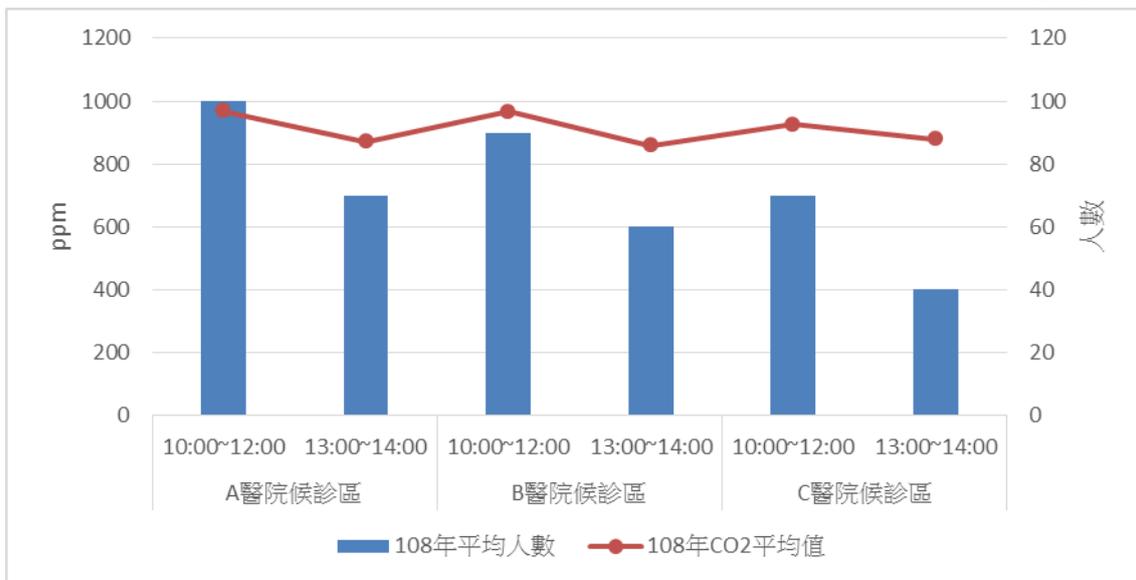
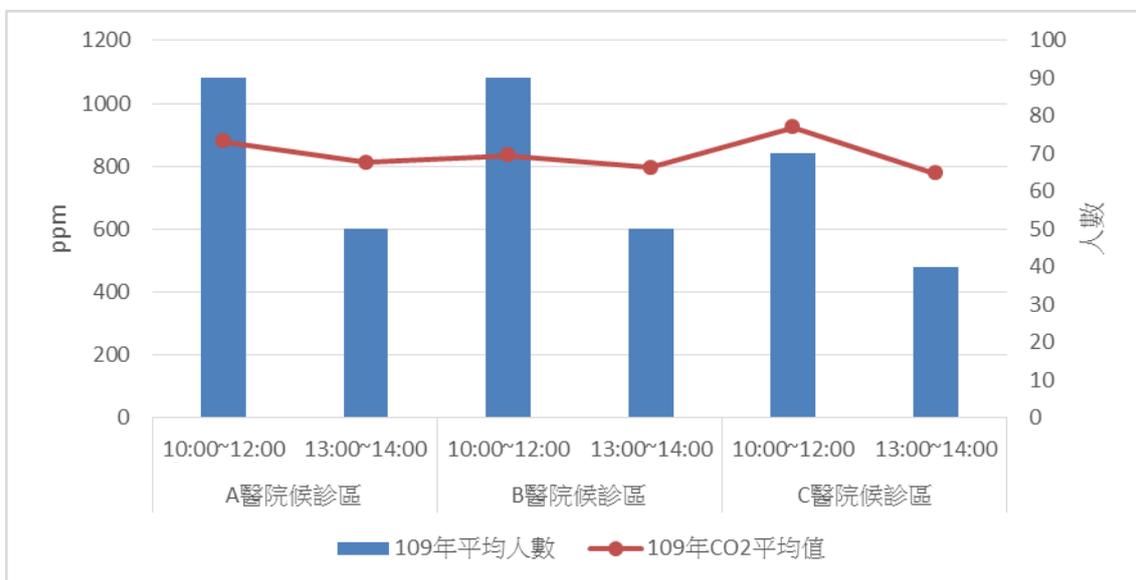


圖 5 107 年人數對二氧化碳(CO₂)濃度的趨勢圖

圖 6 108 年人數對二氧化碳(CO₂)濃度的趨勢圖圖 7 109 年人數對二氧化碳(CO₂)濃度的趨勢圖

2.3 輔導改善及建議

經研究後發現醫療機構二氧化碳(CO₂)濃度高低，主要原因為二氧化碳(CO₂)濃度與場所人口數呈正相關，因此聘請3位專家學者辦理室內空氣品質診斷服務[5] [6]，經專家學者提供改善方案以提升室內空氣品質。

(一) 空調設備：

雖3家醫療機構配置全氣式中央空調系統(AHU)，但是否有強制引入新鮮的外氣，同時亦具有等量的強制排氣路徑。一個密閉的室內空間，若只有強制進氣而無等量的強制排氣，或排氣措施僅任由門、窗等路徑自行逸流，由於效果不確實且無法掌握，室內所累積的穩定二氧化碳(CO₂)仍不易即時稀釋。此即有引入外氣的場址，但室內二氧化碳(CO₂)仍會偏高，甚至於超標的主因之一，即在於無等量的強制排氣措施所致。

(二)通風換氣：

可視自身是否具備自然通風的條件，透過一天一到兩個時段，如：早上開館後 1 小時內或閉館前 1 小時的傍(夜)晚時段等，適時地短暫開窗以進行外氣之引入並透過自然對流等作用將積蓄在室內的二氧化碳(CO₂)有機會加以排除。此即不要讓前一天所累積的污染物，成為您今日上班或上課時之身體負擔的觀念。

(三)室內裝修與空間使用特性：

於木製品表面、櫥櫃內表面噴灑甲殼素噴劑等具有甲醛分解能力之液體，藉以捕捉空氣中的游離甲醛(HCHO)。於櫥櫃內放置高效能之活性炭吸附包或其他吸附劑，並於吸附飽和後定期更換。惟市場上的吸附材料良莠不齊，對甲醛的吸附效果亦有極大的差異，甚至部分產品的效果極差等情形，故應妥為選擇。於空間中設置具有淨化氣狀污染物的空氣清淨機，如光觸媒型、氧化分解型、吸附型之空氣淨化機等。於空間中設置具有甲醛分解功能之植物盆栽，如：波斯頓腎蕨、菊花、羅比親王海棗、竹蕉、雪佛里椰子、常春藤、垂榕、白鶴芋、黃椰子、中斑香龍血樹等。

參、結果與討論

彙整數據結果發現醫療機構與其他類別場所CO₂濃度值有顯著差異，主要因為CO₂濃度與場所人口數呈正相關，經專家學者建議醫療機構於人員進出頻繁之處，應定期保養及清潔空調系統，並加強通風及增加室內換氣量，以維持良好室內空氣品質，避免因內部空氣長時間循環而造成污染物累積，進而影響身體健康。

室內空氣建議管制項目之濃度值超出建議值之改善方式，如二氧化碳以強制通風換氣、人員檢點作業及調整通風控制系統即可達到建議標準。而院內空氣中的甲醛是裝潢建材內滲出擴散於空間內，可強制抽氣及通風換氣，更可使用無甲醛濃度殘留之環保標章建材以改善此項。然而院內普遍人數較多，在通風換氣率不足之下，二氧化碳濃度升高，故提高通風換氣率，增加新鮮空氣進氣量來改善空氣品質。因空調設施濾網更換頻率不足，造成效能降低，且院內進出病患多，故細菌數易偏高，其改善方案為增加通風換氣率、增設殺菌裝置、增加清潔消毒頻率、加強空調濾網清洗及出風口清潔、天花板或牆壁有污漬或油漆剝落應重新粉刷、增加垃圾清除頻率或使用加蓋式垃圾桶、避免室內有漏水或積水情形，保持乾燥。

肆、結論與建議

鑒於室內空氣品質的污染負擔是來至於室內各項活動所產出的廢氣，場所人數的多寡直接引響了二氧化碳(CO₂)濃度高低，故除藉由空調系統強制抽風與換氣及使用替代物料以減少污染物外，其換氣空氣品質的潔淨度亦是非常重要的。部份醫院通風設備老舊，應汰舊換新，並可在進氣端設立氣室，內部安裝銀離子除菌裝置以及過濾網等設備，可有效達到換氣最佳效果，提升場所室內空氣品質。

醫院是病患進出聚集量較大之場所，除了二氧化碳(CO₂)濃度易過高外，細菌濃度過高亦是問題之一，此外環境中潮濕髒污之區域有利微生物孳生，亦為細菌、真菌等微生物污染來源之一；依據行政院環境保護署環境保護人員訓練所編撰之「室內空氣品質維護管理專責人員訓練教材」彙整專家學者研究，欲有效降低室內細菌及真菌濃度，場所之室內環境應徹底清潔消毒並保持乾燥，同時加強通風換氣以利排除微生物污染，必要時亦應於空調設備中加裝紫外光、臭氧等殺菌設備；醫院並應張貼告示宣導民眾及醫護人員應配戴口罩，除了保護自身健康、亦有利於維護良好之室內空氣品質。此外，當室內人員密度過高或通風換氣效率不佳，容易造成二氧化碳濃度累積，據研究顯示，若民眾處於二氧化碳濃度過高環境，容易引起頭暈、噁心、昏昏欲睡等情況；場所應加強通風換氣，並適度執行進場人數之控管，以改善二氧化碳濃度較高之問題。

誌謝

感謝執行「空氣品質淨化區暨空氣品質監測、CEMS監督查核維護管理計畫」團隊人員，執行室內空氣品質檢測作業，提供數據及彙整數據等資料。另感謝「室內空氣品質專家學者輔導」團隊委員，提供改善意見，提升列管場所室內空氣品質。

參考文獻

- [1] 利得儀器股份有限公司：<http://www.leder.com.tw/?lang=TW>
- [2] 祥威環境科技股份有限公司：<http://www.leder.com.tw/?lang=TW>
- [3] 室內空氣品質監測網：<https://iaq.epa.gov.tw/indoorair/index.aspx>
- [4] 室內空氣品質業務申報系統：<https://iaq.epa.gov.tw/iaq/login.aspx>
- [5] 祥威環境科技股份有限公司：「109年花蓮縣空氣品質淨化區暨空氣品質監測、CEMS監督查核維護管理計畫」期中成果報告。
- [6] 祥威環境科技股份有限公司：「106~108年花蓮縣空氣品質淨化區暨空氣品質監測、CEMS監督查核維護管理計畫」期末成果報告。

彰化縣國小教師對節能減碳之認知、行為及週一無肉日之支持度
Cognition and Behavior of Energy-Saving, Carbon-Reduction and Support of Meatless
Monday for Elementary School Teachers in Changhua County

吳照雄^{1*} 劉佳宓²

Chao-Hsiung Wu¹, Chia-Mi Liu²

1 大葉大學環境工程學系 教授

Professor, Department of Environmental Engineering, Da-Yeh University

2 大葉大學環境工程學系碩士班 學生

Student, Graduate Program, Department of Environmental Engineering, Da-Yeh University

* Corresponding author: chwu@mail.dyu.edu.tw

摘要

本研究旨在探討彰化縣國小教師對節能減碳的認知、行為及對週一無肉日的支持度現況，並瞭解教師個人背景變項對節能減碳的認知及對週一無肉日的支持度之影響，以及節能減碳的認知、行為、對週一無肉日的支持度之間的相關性。本研究採問卷調查法，針對彰化縣國小教師進行分層隨機抽樣，計回收有效調查問卷 413 份，有效問卷回收率為 91.2%。最後依據本研究結果，針對教育行政機關及、教師個人及未來相關研究者提出具體建議。

研究結果顯示：(1) 認知差異情形：不同年齡、服務年資及是否擔任自然與生活教師之彰化縣國小教師，其認知得分在統計考驗上皆無顯著差異。就性別而言，男性教師對節能減碳認知程度優於女性教師；就最晚取得之學歷方面，取得研究所學歷之國小教師對節能減碳認知程度優高於取得一般大學及師資班學歷之教師；就主修科目而言，數理相關科系之國小教師對節能減碳認知程度優於非數理相關科系之國小教師。(2) 行為差異情形：不同性別、年齡、服務年資、最後取得之學歷、主修學科、擔任職務及是否擔任自然與生活科技領域教師之彰化縣國小教師，其行為得分在統計考驗上皆無顯著差異。(3) 相關性分析：彰化縣國小教師在「節能減碳認知」與「節能減碳行為」及「週一無肉日支持度」間的相關皆為微弱或無相關，表示兩者間無明顯關連。在「節能減碳行為」及「週一無肉日支持度」間的相關為中度相關，具有顯著相關。

關鍵詞： 節能減碳、週一無肉日、差異分析、問卷調查

壹、前言

工業革命後，人們的生活水準因經濟繁榮而得到改善，再加上醫療技術的進步，因而加速了人口成長。在有限的地球資源中，人們為了尋求經濟發展，過度的使用地球的天然資源，如砍伐森林、大量開採煤、石油及天然氣等燃料，導致自然界中原本的平衡遭到破壞。

碳透過植物的光和作用形成有機物固著於植物體，經過地球長時間的轉化形成煤、石油等燃料，如今，燃料被人們大量的使用，再加上過度砍伐林木，使得大量的溫室氣體排放到大氣中，破壞了自然溫室效應所形成的熱平衡，增強了溫室效應，因而產生了令全球關注的暖化問題[1]。

臺灣地區人口密度高，能源消耗量及二氧化碳排放量居高不下。過去十年的氣溫是近百年中最高的十年；台灣平均溫度上升 1~1.39°C，暖化速率約為全球平均值的兩倍，暖化對臺灣帶來的衝擊是日積月累的，尤其在生態環境更造成難以抹滅的傷害。如：降雨不均，災害頻傳、物種遷徙或滅絕、疫情北移、公衛拉警報、海平面上升，台灣縮水等。

氣候變化綱要公約於 1992 年通過，1994 年 3 月生效，依不同的國家特色與本身減量能力而定，基本原則是「共同的目標，不同的責任」，目的是減少人為的溫室氣體排放，穩定大氣中溫室氣體的濃度，使其不會干擾與破壞自然的氣候系統[2]。

1997 年，具法律約束力的「京都議定書」於京都通過，2005 年 2 月正式生效，為史上第一次以法律約束的形式，限制已開發國家的溫室氣體排放量，也是第一次各國共同以行動來宣示對抗全球暖化的決心。「京都議定書」依照各國所提之建議方法擬定各國的減量目標，希望能達到與氣候變化綱要公約同樣的目標。

國際能源研究總署[3]的研究指出，提升能源效率是減緩全球溫室氣體排放的最主要措施，其貢獻度占有所有措施的五成以上。能源的使用會使得溫室氣體增加造成全球暖化的現象，尤其是燃燒石油、煤等石化原料所產生的二氧化碳。所以節約能源與減碳間有密不可分的關係，透過「節能」來達到「減碳」，以減緩地球暖化的趨勢，避免人類遭受到更大的威脅。

2006 年，台灣每人平均排碳量目前在全球排名第 16 名，排碳總量則排名第 22 名，在暖化日益嚴重的情況下，減碳亦成為台灣不容緩急的課題，目前已推動的減碳政策及方案如下：(1)訂定國家節能減碳總計畫，(2)落實永續能源政策，(3)推動溫室氣體減量行動方案，(4)節能減碳無悔措施與全民行動方案。而推廣週一無肉日是節能減碳無悔措施與全民行動方案的一環[4]。

環保署提出「節能減碳十大無悔措施」，由政府機關帶頭推廣全國節能減碳運動，其中「多吃蔬食少吃肉」，旨在於推廣「吃的健康」、「吃的均衡」以及「低碳飲食」，鼓勵民眾多多選用在地、當季蔬果食材，減少肉類攝取量，以減少二氧化碳排放量。

「低碳飲食」即是選擇在地、當季及對於環境友善的食材，以降低對環境的衝擊，減少二氧化碳的排放量。因此，「多吃蔬食少吃肉」，不單是為了個人健康，也已成爲最簡單的減碳救地球的方法，以加工食品為例，食物的生產過程中，在種植或牧養、運輸、製造、加工、販售、使用及廢棄階段，都會直接或間接消耗能源及排放二氧化碳，而二氧化碳就是造成地球暖化的主要元凶。

根據 2006 年國人飲食統計資料顯示，國人每人每年平均肉類消費量為 79 公斤，較建議量多出 35 公斤，也比 10 年前增加 3.6 公斤，生產 1 公斤牛肉，會製造 36.4 公斤的二氧化碳；肉食者 1 年因飲食產生 1500 公斤的二氧化碳；1 人 1 天不吃肉，可以減少 7 公斤二氧化碳等。行政院環保署於 2011 年建置「蔬食推動成果填報網」，藉由推動全國各地方響應「每週一日蔬食日」的行動，減少因為生產、運送、儲存及烹調方式所排放的二氧化碳，減緩溫室效應所引發的氣候變遷。根據聯合國的研究統計，溫室氣體排放結構中，有近 18% 是來自於農業及畜牧業，由此可知，人類的飲食習慣對於減緩暖化有正面幫助。

在蔬食減碳方面，我國的週一無肉日平台於 2009 年 9 月成立，各縣市也紛紛加入響應，本研究擬透過問卷調查來瞭解，在已實施週一無肉日的國小教師，對此一政策之支持度，並探討此支持度是否會受教師本身對節能減碳之認知行為所影響，希望研究結果可作為推廣週一無肉日之參考。

貳、研究方法

本研究旨在探討彰化縣國小教師對節能減碳之認知及對週一無肉日之支持度，並探討教師個人變項對節能減碳之認知及對週一無肉日之支持度的影響。為此目的，本研究包括：研究方法與架構、研究對象、研究假設、資料處理與統計方法四部分。

一、研究方法與架構

依據本研究之目的與參考文獻，擬定研究架構，以教師之背景變項為自變項。教師節能減碳知、行為與週一無肉日之支持度為依變項，並探討各變項間的關係。

二、研究對象

本研究以一百學年度彰化縣國小合格正式教師為研究對象。依目前統計資料顯示彰化縣國小有 175 所，教師人數共計 5255 人[5]。

本研究以分層隨機取樣的方法所推算出樣本數為依據，維持其統計準確度，依據常態有限母群體的公式進行抽樣[6]，在研究母體體 N 值為 5255 人時，顯著水準設為 .05，信賴係數為 .95，常數 $k=1.96$ ， $P=0.5$ 。樣本大小計算公式如下：

$$n \geq \frac{N}{\left(\frac{\alpha}{k}\right)^2 \frac{N-1}{P(1-P)} + 1} = 358.0531 \approx 358$$

三、研究假設

研究假設是依據研究目的與研究架構提出，本研究擬定下列虛無假設，如有足夠證據推翻虛無假設時，稱此檢定具顯著性。分述如下：

假設 1：不同背景變項之彰化縣國小教師在節能減碳認知量表分數，無顯著差異。

假設 2：不同背景變項之彰化縣國小教師在節能減碳行為量表分數，無顯著差異。

假設 3：不同背景變項之彰化縣國小教師在週一無肉日支持度量表分數，無顯著差異。

假設 4：彰化縣國小教師在節能減碳認知、行為及週一無肉日支持度無顯著相關性。

四、資料處理與統計方法

本研究根據研究目的與架構，對於問卷調查所得的資料將以 SPSS 統計軟體做為資料分析的工具，使用方法包括描述性統計分析、t 檢定、單因子變異數分析、皮爾森積差相關等各分析方法敘述如下：

(一)描述性統計分析(descriptive analysis)

利用次數分配表及百分比來顯示教師基本資料的分佈情形，並利用平均數與標準差來分析彰化縣教師之能減碳認知行為與週一無肉日支持度的情形。

(二)獨立樣本 t 檢定

t 檢定是利用樣本平均數的比較結果，推論相對應母體的分配是否有差異，適合用於比較兩組母體間的差異程度，本研究將以 t 檢定分析國小教師在性別、主修學科、是否擔任自然與生活科技領域教師等方面是否有顯著差異影響。

(三)單因子變異數分析

單因子變異數分析適用於兩組以上平均數的顯著性考驗，檢驗不同個人屬性變項在節能減碳認知、行為與週一無肉日支持度之得分差異。當變項間出現顯著差異時則以雪費法(Scheffe)進行事後比較以檢定各群組之間的差異情形。

(四)皮爾森積差相關分析

用來考驗彰化縣教師在節能減碳認知、節能減碳行為與週一無肉日支持度之間的相關情形。

參、結果與討論

根據本研究之研究目的，將問卷資料整理歸納，進行結果分析與討論。共分成四部分，分別為研究對象背景變項描述；彰化縣國小教師節能減碳之認知、節能減碳行為及週一無肉日支持度之現況分析；不同背景變項之彰化縣國小教師在節能減碳認知、節能減碳行為及週一無肉日支持度之差異分析；彰化縣國小教師在節能減碳之認知、行為及週一無肉日支持度相關性分析，茲將研究結果分析與討論詳述如下：

一、研究對象背景變項描

本研究以彰化縣國小教師為研究對象，總計發出 453 份問卷，剔除作答不完整之無效問卷 16，得有效問卷 413 份，有效問卷回收率為 91.2%。針對背景變項，包括性別、年齡、服務年資、最終取得學歷、主修學科、擔任職務、是否擔任自然與生活科技領域教師、研習次數等進行描述性統計分析，有效樣本之各項基本資料分佈特性如下：

- (一)性別：本次取樣 413 份問卷中，男教師占全部受試者 31.2%，女教師占 68.8%，與彰化縣國小教師男女比例約略符合。
- (二)年齡：各年齡層樣本數占總樣本數比例如下：30 歲以下(8%)、31~40 歲(47.5%)、41~50 歲(39.7%)、51 歲以上(4.8%)，分佈亦符合目前大部分國小教師年齡層。
- (三)服務年資：各服務年資樣本數占總樣本數比例如下：1~5 年(7%)、6~10 年(22.8%)、11~15 年(33.2%)、16~20 年(21.5%)、21 年以上(15.5%)。
- (四)最終取得學歷：各最終取得學歷樣本數占總樣本數比例如下：師範院校(31.7%)、一般大學(9.7%)、師資班(11.4%)、四十學分班(2.9%)、研究所(44.3%)。

- (五)主修學科：主修學科樣本數占總樣本數比例分別如下，數理(26.4%)、非數理(73.6%)。
- (六)擔任職務：擔任職務樣本數占總樣本數比例分別如下，級任教師 (60%)、科任教師 (7.5%)、兼任行政(32.4%)，以級任之教師為最多
- (七)否擔任自然與生活科技領域教師：是否擔任自然與生活科技領域教師樣本數占總樣本數比例分別如下，擔任自然與生活科技領域教師(39%)、未擔任自然與生活科技領域教師 (61%)。
- (八)參與環境教育相關研習次數：研習次數樣本數占總樣本數比例分別如下，0-1次(20.3%)、2-5次(58.8%)、5次以上(20.8%)。

二、彰化縣國小教師節能減碳認知、節能減碳行為及週一無肉日支持度之現況分析

(一)彰化縣國小教師節能減碳認知之現況分析

針對彰化縣國小教師節能減碳認知進行結果分析與討論，填答者在節能減碳認知問卷上之各題目、各層面及整體之平均數、標準差及平均數排序，說明如下：節能減碳認知量表總平均數為 0.57，標準差為 0.21。「能源概念」層面的平均數為 0.56；「節能減碳推行」層面的平均數為 0.64；「節能減碳與環境」層面的平均數 0.51，平均得分最高的層面是「節能減碳推行」，最低的是「節能減碳與環境」。以單一題項來看，在「能源概念」層面，平均數分佈在 0.44 和 0.70 之間；「節能減碳推行」層面，平均數分佈在 0.54 和之 0.69 間；「節能減碳與環境」層面，平均數分佈在 0.23 和 0.80 之間；除了第 2 題和第 8 題分別為 0.44 及 0.23 外，其餘題項之平均數均皆大於 0.5。

整體而言，彰化縣國小教師在節能減碳認知方面，對「節能減碳推行」認知較清楚，對於「節能減碳與環保」的認知較不清楚。

(二)彰化縣國小教師節能減碳行為之現況分析

本研究量表以李克特式五點量表呈現，將平均得分成五等份：1.0 至 1.80 分表示非常不積極；1.81 至 2.60 分表示不積極；2.61 至 3.40 分表示中立；3.41 至 4.20 分表示積極；4.21 至 5.00 分表示非常積極。本節針對彰化縣國小教師節能減碳行為進行結果分析與討論，填答者在節能減碳行為問卷上之各題目、各層面及整體之平均數、標準差及各題目、各層面之平均數排序，說明如下：節能減碳行為量表總平均數為 4.02，標準差為 0.46。「日常生活行為」層面的平均數為 4.21，介於 0.21 至 5.00 之間，屬非常積極程度；「能源使用行為」層面的平均數為 4.00，和「求知推廣行為」層面的平均數 3.93，同樣介於 3.41 至 4.20 之間，屬積極程度，平均得分最高的層面是「日常生活行為」，最低的是「求知推廣行為」。在「日常生活行為」層面，平均數分佈在 3.79 和 4.54 之間；「能源使用行為」層面，平均數分佈在 3.57 和之 4.47 間；「求知推廣行為」層面，平均數分佈在 3.44 和 4.17 之間；所有題項之平均數均皆大於 3。

整體而言，彰化縣國小教師在節能減碳行為上，在日常生活行為較為積極，對於求知推廣行為較為不積極。

(三)彰化縣國小教師週一無肉日支持度之現況分析

本研究量表以李克特式五點量表呈現，將平均得分成五等份：1.0 至 1.80 分表示非常不積極；1.81 至 2.60 分表示不積極；2.61 至 3.40 分表示中立；3.41 至 4.20 分表示積極；4.21 至 5.00 分表示非常積極。本節針對彰化縣國小教師週一無肉日支持度行結果分析與討論，填答者在週一無肉日支持度問卷上之各題目、各層面及整體之平均數、標準差及各題目、各層面之平均數排序說明如下：節能減碳認知量表總平均數為 3.72，標準差為 0.69。「低碳飲食行動」層面的平均數為 3.80；「環境概念影響」層面的平均數為 3.78；「推廣行為」層面的平均數 3.47，平均得分最高的層面是「低碳飲食行動」，最低的是「推廣行為」。在「低碳飲食行動」層面，平均數分佈在 3.44 和 4.06 之間；「環境概念影響」層面，平均數分佈在 3.54 和之 3.98 間；「推廣行為」層面，平均數分佈在 3.24 和 3.72 之間。

整體而言，彰化縣國小教師在週一無肉日支持度上低碳飲食行動為較為積極，在推廣行為較為不積極。

三、不同背景變項之彰化縣國小教師在節能減碳認知、節能減碳行為及週一無肉日支持度之差異分析

茲將不同背景變項之彰化縣國小教師在節能減碳認知、節能減碳行為及週一無肉日支持度整體層面差異分析彙整成表 1。

(一)不同背景變項國小教師在節能減碳認知的差異情形

1.背景變項具有顯著差異

有差異的部分包括：性別、學歷、主修、職務與研習次數。在節能減碳認知量表上的題目與理科方面的知識有較大的關聯性，且一般說來，男性在理科的理解較女性佳，所以國小教師在性別及主修學課上具有顯著差異；在學歷方面，會繼續攻讀研究所的老師，通常求知精神較其他教師佳，另外、擔任職務及研習次數兩方面，都與教師是否有機會接觸相關訊息有關，大部份的國小通常指派行政人員參與環境教育相關研習，因此節能減碳認知在這三個背景變項亦具有顯著差異。

2.背景變項不具有顯著差異

沒有顯著差異的部分包括，年齡、服務年資與任教科目。國小對節能減碳有較深入探討的課程，只有六年級的自然課，其餘的課程多偏重在節能減碳的行為宣導上，所以是否擔任自然與生活領域教師對節能減碳的認知不會有太大的影響。

表 1.不同背景變項之國小教師在節能減碳認知、行為及週一無肉日支持度整體層面差異分析總表

背景變項	層面	節能減碳認知	節能減碳行為	週一無肉日支持度
性別	1. 男 2. 女	*** 2<1	n.s.	n.s.
年齡	1. 30 歲以下 2. 31~40 歲 3. 41~50 歲 4. 51 歲以上	n.s.	n.s.	*** 1<3 2<3
服務年資	1. 5 年以下 2. 6~10 年 3. 11~15 年 4. 16~20 年 5. 21 年以上	n.s.	n.s.	2<4
最晚取得之學歷	1. 師範院校 2. 一般大學 3. 師資班 4. 四十學分班 5. 研究所	2<5 3<5	n.s.	1<3 5<3 5<2
主修學科	1. 數理 2. 非數理	2<1	n.s.	1<2
擔任職務	1. 級任教師 2. 科任教師 3. 兼任行政	1<3	n.s.	n.s.
自然與生活教師	1. 是 2. 否	n.s.	n.s.	n.s.
研習次數	1. 0-1 次 2. 2-5 次 3. 5 次以上	1<3	1<2 1<3	1<2 1<3

(二) 不同背景變項國小教師在節能減碳行為的差異情形

1. 背景變項具有顯著差異

節能減碳行為的差異情形在不同研習次數國小教師有顯著差異。研習次數較多的國小教師，對節能減碳有更深入的了解，因此在落實節能減碳方面會較其他教師積極。

2. 背景變項不具有顯著差異

不同服務年資、學歷、主修學科、任教科目之國小教師在節能減碳行為沒有顯著差異。全球暖化及節能減碳是現今大家所關注的議題，環境教育法亦規定教師一年至少必須參加 4 小時的環境教育研習，再加上政府不遺餘力的推廣，搭配落實節能減碳時所附加的經濟效益，如水電費降低等，因此教師在落實節能減碳時較不會受到不同的背景變項影響。

(三) 不同背景變項國小教師在週一無肉日支持度的差異情形

1. 背景變項具有顯著差異

不同的性別、年齡、服務年資、學歷、主修學科、研習次數之國小教師在週一無肉日支持度上具有顯著差異。教師對周一無肉日的支持度，除了自身對環境的關心外，還受到

教師本身偏好的影響，如年齡層 41~50 歲(任教年資為 16~20 年)之教師，大多較注重養生，因此對於蔬食飲食的接受度也要高。

2. 背景變項不具有顯著差異

不同職務及不同任教科目之國小教師在週一無肉日支持度沒有顯著差異。

四、彰化縣國小教師在節能減碳認知、行為及週一無肉日支持度相關性分析

本研究在討論彰化縣國小教師在節能減碳認知、行為及週一無肉日支持度之間的相關性相關程度，並以 $\alpha = 0.05$ 為檢定顯著水準，當 P 值小於 0.05 時，表示受檢定的兩個變數相關性達顯著，相關係數的強度大小與意義如下：(1)完全相關：r 值為 1.00，(2)高度相關：r 值在 .70 至 .99，(3)中度相關：r 值在 .40 至 .69，(4)低度相關：r 值在 .10 至 .39，(5)微弱或無相關：r 值在 .10 之下。

(一) 節能減碳認知與節能減碳行為之相關分析

研究對象「節能減碳認知」之平均得分為 6.31(總分為 11 分)，標準差 2.34；「節能減碳行為」之平均得分為 48.28(總分為 60 分)，標準差 5.51。研究者分析研究對象之「節能減碳認知」得分與「節能減碳行為」的相關性，結果顯示兩者間的 Pearson 相關係數 $r = 0.03$ ，P 值 = .499，為微弱或無相關，表示兩者間無明顯關連。

(二) 節能減碳認知與週一無肉日支持度之相關分析

研究對象「節能減碳認知」之平均得分為 6.31(總分為 11 分)，標準差 2.34；「週一無肉日支持度」之平均得分為 48.32(總分為 65 分)，標準差 9.98。研究者分析研究對象之「節能減碳認知」得分與「週一無肉日支持度」的相關性，結果顯示兩者間的 Pearson 相關係數 $r = -0.07$ ，P 值 = .499，為微弱或無相關，表示兩者間無明顯關連。

(三) 節能減碳行為與週一無肉日支持度之相關分析

研究對象「節能減碳行為」之平均得分為 48.28(總分為 60 分)，標準差 5.51；「週一無肉日支持度」之平均得分為 48.32(總分為 65 分)，標準差 9.98。研究者分析研究對象之「節能減碳行為」得分與「週一無肉日支持度」的相關性，結果顯示兩者間的 Pearson 相關係數 $r = 0.52$ ，P 值 = .00，為中度相關，表示兩者顯著關連。

在本研究中「節能減碳認知」與「節能減碳行為」及「週一無肉日支持度」間無顯著相關，在認知與行為方面的結果同於張筑潔、徐文泉、蕭煌龍等人[7-9]之研究，表示國小教師對節能減碳的認知程度不會影響其行為及對週一無肉日的支持度；在「節能減碳行為」與「週一無肉日支持度」顯著相關，表示當節能減碳行為愈積極時，對週一無肉日支持度的支持度也就愈高。

在暖化議題備受重視的當下，政府不宜餘力的推廣節能減碳，因此就算教師對節能減碳認知不夠深入，在現實生活中還是能落實節能減碳；另外，週一無肉日是節能減碳在「食」的表現，因此能落實節能減碳行為之教師，對週一無肉日支持度也相對較高。

肆、結 論

本研究藉由針對彰化縣國小教師所進行的問卷調查分析探討彰化縣國小教師對節能減碳認知、行為及週一無肉日支持度及其彼此間的相關性。綜合各項研究成果，獲得之結論如下：

- 1.彰化縣國小教師對節能減碳之認知程度仍有待加強。彰化縣國小教師對節能減碳之認知答對率只有 57%，其中「節能減碳與環境」面向的答對率僅有 51.3%，顯示彰化縣國小教師在此一面向僅有約一半的教師答對，稍有偏低。
- 2.彰化縣國小教師在實踐節能減碳行為方面是正向且積極的。彰化縣國小教師對節能減碳行為之平均得分率有 80.4%，其中以「求知推廣行為」行為之平均得分率 78.7% 為最低，顯示彰化縣國小教師在自身的節能減碳行為是積極的，雖然求知推廣行為方面雖略低於及他兩個面向，但仍有不錯的表現。
- 3.彰化縣國小教師對週一無肉日的支持度是正向且積極的。彰化縣國小教師對週一無肉日支持度之平均得分率有 74.3%，其中以「推廣行為」行為之平均得分率最低為 69.4%，顯示彰化縣國小教師對週一無肉日支持度是正向積極，在於推廣週一無肉日上雖低於及他兩個面向，但也有不錯的表現。
- 4.不同背景變項國小教師在節能減碳認知差異情形：不同年齡、服務年資及是否擔任自然與生活教師之彰化縣國小教師，其認知得分在統計考驗上皆無顯著差異。就性別而言，男性教師對節能減碳認知程度優於女性教師；就最晚取得之學歷方面，取得研究所學歷之國小教師對節能減碳認知程度優高於取得一般大學及師資班學歷之教師；就主修科目而言，數理相關科系之國小教師對節能減碳認知程度優於非數理相關科系之國小教師；就擔任職務而言，行政人員對節能減碳認知程度優於級任教師，就研習次數而言，參加 5 次以上研習的國小教師對節能減碳認知程度優於 1 次以下的國小教師。
- 5.不同背景變項國小教師在節能減碳行為差異情形：不同性別、年齡、服務年資、最後取得之學歷、主修學科、擔任職務及是否擔任自然與生活科技領域教師之彰化縣國小教師，其行為得分在統計考驗上皆無顯著差異。就研習次數而言，參加 2-5 次及 5 次以上研習的國小教師在節能減碳行為實踐程度優於 1 次以下的國小教師。
- 6.不同背景變項國小教師在週一無肉日支持度差異情形：不同性別、擔任職務及是否擔任自然與生活教師之彰化縣國小教師，其支持度得分在統計考驗上皆無顯著差異。就年齡而言，41~50 歲的國小教師對週一無肉日支持度高於 30 歲以下及 31~40 歲之國小教師；就服務年資而言，任教 16~20 年的國小教師對週一無肉日支持度高於 6~10 年之國小教師；就最後取得之學歷而言，取得師資班學歷之國小教師對週一無肉日支持度高於取得師範院校及研究所學歷之教師，取得一般大學學歷之國小教師對週一無肉日支持度高於取得研究所學歷之教師；就主修科目而言，非數理相關科系之國小教師對週一無肉日支持度高於數理相關科系之國小教師；就研習次數而言，參加 2-5 次及 5 次以上研習的國小教師對週一無肉日支持度高於優於 1 次以下的國小教師。
- 7.彰化縣國小教師在節能減碳認知、行為及週一無肉日支持度相關性分析：彰化縣國小教師在「節能減碳認知」與「節能減碳行為」及「週一無肉日支持度」間的相關皆為

微弱或無相關，表示兩者間無明顯關連。在「節能減碳行為」及「週一無肉日支持度」間的相關為中度相關，具有顯著相關。

參考文獻

1. Darke, F. (2000). Global warming: The science of climate change. London : Arnold.
2. 葉欣誠(2006)，地球暖化，怎麼辦？高雄市：高雄市政府環境保護局。
3. IEA(2008), World Energy Outlook 2008。
http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2008/WEO2008_es_chinese.pdf
4. 梁啟源，因應地球暖化之台灣能源政策規劃建議。
www.npf.org.tw/2/5952?County=%E8%87%BA%E6%9D%B1%E7%B8%A3
5. 彰化縣教育處（2011），學校基本資料。
<https://education.chcg.gov.tw/00home/index1.asp>
6. 吳明隆(2009)，SPSS 操作與應用問卷統計分析實務，台北市：五南書局。
7. 張筑潔(2008)，臺北市社區大學學員的環保認知與環境行為關係之研究，國立臺灣師範大學社會教育學系碩士論文。
8. 徐文泉(2010)，醫院員工關於節能減碳之相關知識、態度與行為之調查研究-以輔英科技大學附設醫院為例，輔英科技大學環境工程與科學系碩士論文。
9. 蕭煌龍(2011)，彰化縣國小教師對節能減碳教育之核心素養及教學模式之研究，大葉大學工學院碩士在職專班論文。