

科技部補助

大專學生研究計畫研究成果報告

* *****
* 計 畫
* : 內科病房環境中污染性微生物調查與消毒
* 名 稱
* *****

執行計畫學生： 劉韋廷
學生計畫編號： MOST 105-2815-C-041-003-E
研究期間： 105年07月01日至106年02月28日止，計8個月
指導教授： 許菁珊

處理方式： 本計畫可公開查詢

執行單位： 嘉藥學校財團法人嘉南藥理大學環境資源管理系(含碩士班)

中華民國

106年03月31日

內科病房環境中污染性微生物調查與消毒

(一)摘要

醫療院所為各類傳染性疾病暴露的高風險場所，特別是藉由空氣或飛沫傳播的呼吸道疾病。由於進出人員龐雜，帶原者和易感染性者（如老人、小孩、免疫力不佳者）共處一室，很容易造成交叉感染。醫院內空氣中常含有大量的生物氣膠，但大眾並不清楚空氣中生物氣膠存在著危害人員之傳染病菌，由於政府於中華民國 101 年 11 月 23 日明確的訂定室內空氣品質管理法，因此本研究將針對內科病房進行室內空氣品質監測與改善並提升其環境衛生品質。研究中，以內科病房內之生物氣膠濃度及非生物性表面之微生物含量作為研究對象，並以二氧化氯及弱酸性次氯酸水消毒劑進行環境之消毒殺菌以改善其室內環境，並利用不同消毒方法、殺菌時間和不同殺菌時段條件下，評估二氧化氯及弱酸性次氯酸水於內科病房的殺菌效果，以便提供內科病房內環境改善之最適消毒劑及使用濃度。其研究方向分別為(1)內科病房內生物氣膠之培養與室內空氣品質因子之分析；(2)應用不同消毒劑於內科病房進行消毒殺菌；(3)評估不同消毒劑對微生物之移除滅菌效果；(4)利用生化反應鑑定及 *rpoB* 基因序列比對進行菌種鑑定，即可得知內科病房內常存在之優勢菌種，可判定內科病房內之優勢菌種是否易對人體健康造成傷害，及(5)利用 SPSS 套裝軟體進行統計分析，以成對 *t* 值檢定 (*paired t test*) 分析來探討各項影響因子對於室內生物氣膠及非生物性物體表面微生物濃度改變量之關聯性。內科病房區之配膳室與污物室細菌背景濃度為 1143 ± 816 CFU/m³、真菌 246 ± 146 CFU/m³，經二氧化氯批次消毒後平均殺菌率達 43.6%，次氯酸水經批次消毒後平均殺菌率達 58.4%，得知次氯酸水對空氣中的微生物消毒殺菌效果比二氧化氯佳。另，次氯酸水消毒劑應用於非生物性物體表面進行消毒殺菌時，在消毒後 5 秒時，其消毒效果達到最佳。因此，內科病房區可應用消毒劑進行適當的消毒，以避免傳染致病菌的交互傳染。

關鍵詞：生物氣膠、內科病房、室內空氣品質、消毒劑

(二)研究動機與研究問題

過去，台灣地區經歷了流行病學上的轉型期，由早期傳染病猖獗到目前慢性病的流行，這些轉型過程相對的增加醫療院所的環境品質提昇、醫療設備的增加，這些設施設備的提昇無非是讓病患在診察、治療、檢驗及住院上得到充分的醫療服務品質，而早日治癒疾病。但以目前台灣地區醫療院所中對於醫療環境提昇後，由於醫護人員護理及家屬照護行為過程的疏失，及設施設備過多或使用不當，很容易藉由空氣擴散方式而傳染病原菌，形成院內感染間接的傳播途徑，提高住院病患二次感染機率⁽¹⁾。內科學是臨床醫學的一個專科，幾乎是所有其他臨床醫學

的基礎，亦有醫學之母之稱。它的內容包含了對疾病的定義、病因學、致病機理、流行病學、自然史、症狀、症候、實驗診斷、影像檢查、鑑別診斷、診斷、治療和預後等。因此，本研究以內科病房之環境為研究對象。為了防止和減少傳染病的發生，對內科病房生物氣膠污染狀況進行了監測與評估。當醫護人員與家屬進出數量較多、較頻繁時，空氣中的懸浮微粒必會增加，為有效改善室內空氣品質，在日常生活中維護室內環境品質也日益重要，本研究將依據行政院於中華民國 101 年 11 月 23 日公布室內空氣品質管理法，定期執行室內空氣品質檢測，達到改善空氣品質之效果。利用環檢所公告之室內空氣中細菌濃度檢測方法及室內空氣中真菌濃度檢測方法定量分析內科病房之環境中生物氣膠之含量外，亦進行現場檢測室內空氣品質因子(例如：溫度、相對溼度、風速、二氧化碳、一氧化碳、PM_{2.5}、PM₁₀、TSP 等)。得知測試區域之微生物污染情形。近十年來，建築物普遍採用空調設備，使建築物空間內之使用人與室外環境相對隔絕，從室外進入室內的空氣有限，不足以代換室內的二氧化碳與其他空氣污染物，容易造成室內作業人員及病患因空氣污染而引發各種疾病⁽²⁾。文獻報告指出⁽³⁾醫院病房之空氣品質問題約有 60%和通氣系統有關(如新鮮空氣供應、空氣循環等)，而有 20%和室內空氣污染物有關(如二氧化碳、粉塵之濃度)，20%和其他室內環境參數有關(如溫度、濕度、風速等)。因此，感染比率降低的機制，需有良好的護理方式與環境空氣品質的控制均是相當重要的。因此，本研究所使用的消毒方法是利用中性之二氧化氯消毒劑和弱酸性次氯酸水應用於內科病房內活動空間進行殺菌消毒，並探討消毒方式對環境生物性污染物存活之影響及殺菌效果，以便獲得綠色殺菌消毒劑氣態二氧化氯及弱酸性次氯酸水對公共場所空間環境進行動態空氣消毒技術，從而切斷病毒微生物的傳播途徑，控制傳染疾病流行，避免人員在進出室內場所時造成人體危害。室內微生物污染物包括細菌、真菌、傳染病毒，在通風不良的室內空氣中可能有較多的致病微生物存在，當這些生物性物質或是其產物經由各種動力懸浮於空氣中，公共場所流動人員較大，亦影響該環境的空氣品質；若是這些懸浮微粒粒徑小至可經呼吸道進入人體時，人員的健康將受到威脅，生物氣膠在空氣中四處擴散，若是具有致病者則微生物會很快經由空氣蔓延開來而出現病例。尤其台灣位處亞熱帶氣候溫暖潮濕，極適合微生物生長，因此空氣中經常佈滿著源自植物表面所產生的真菌孢子和細菌。當氣流擾動時，空氣中的真菌孢子會隨著氣流自戶外吹進室內，而孳生於建築物的通風或空調系統中，尤其是附著於空調系統的濾網，若無定期清洗或更換，此時附著在表面的微生物，又將隨著循環空氣流至建築物內任何角落，而凝結滋長形成黴斑。這些黴菌粒徑約在 3 微米(μm)左右，特別容易沈積於人體呼吸系統，會對人體健康構成威脅⁽⁴⁾。期望能利用對人體無害性之二氧化氯與弱酸性次氯酸水進行消毒，進而使用極低濃度即可達到對環境中各種微生物切斷傳染的源頭，保護醫護人員之衛生安全，降低家屬與患者間的交叉感染。本研究藉由空氣品質現況的檢測，探討醫院病房空氣品質與護理行為影響的關連性，檢視醫療環境空氣品質現況，減少病患因空氣傳染途徑而產生二次感染機率，以初步建立我國醫院空

氣品質的基本資料，並瞭解我國急性醫療環境空氣品質之現況問題，及護理行為對空氣品質之影響，而提供醫療機構未來護理行為改善之參考。

(三)文獻回顧與探討

根據統計，人們在一生中將會有 90% 的時間處於居家住宅、辦公室等的室內環境，因此受室內空氣污染物影響的機率比室外高出許多，所以室內空氣污染物被認為是危害人體健康的主要來源⁽²⁾。一般室內環境中所存在的空氣污染物依其污染物特性可分類為粒狀污染物、氣狀污染物及生物性氣膠等三大類。粒狀污染物可分為固體微粒及液體微粒，固體微粒包括生物性粒子如花粉、微生物等；及非生物性粒子如一般粉塵、放射性物質、纖維狀粒子。氣狀污染物可分為無機性氣體及有機性氣體。無機性氣體如二氧化碳、一氧化碳、NO_x、SO_x、臭氧及硫化氫等；有機性氣體如臭氧、CH_x、甲醛、苯類、醇類、酮類及酯類等⁽⁵⁾。

室內空氣品質規範

為了促使公共場所能重視室內空氣品質的問題，進而有效的進行改善，依據行政院環保署於 101 年 6 月 4 日訂定「室內空氣品質管理法施行細則」草案，並將配合「室內空氣品質管理法」於 101 年 11 月 23 日同步實施。規範項目包括：二氧化碳(CO₂)、一氧化碳(CO)、甲醛(HCHO)、總揮發性有機化合物(TVOC)、細菌(Bacteria)、真菌(Fungi)、粒徑小於等於 10 微米(μm)之懸浮微粒(PM₁₀)、粒徑小於等於 2.5 微米(μm)之懸浮微粒(PM_{2.5})、臭氧(O₃)等 9 項；草案規定經中央主管機關指定的公私場所應自主管理室內空氣品質，擬定室內空氣品質維護管理措施計畫，定期執行室內空氣品質檢測及監測⁽⁶⁾。此外，該草案中也要求，公共場所於改善的期間，應在該場所入口明顯處，公布室內空氣品質不合格及正在改善中的標示，讓進出民眾瞭解其室內空氣品質的狀況。對於一些公眾聚集量大、進出量高，或對空氣品質有特殊需求的公共場所，將進一步要求應設置自動監測設施，連續監測室內空氣品質，其監測結果，亦應及時公布於該場所或入口明顯處，供民眾瞭解。

影響室內空氣品質之主要檢測項目

1. 微生物

空氣中無固定之微生物群，一般情況下空氣缺乏微生物能利用的養分，因此它不能在空氣中生長繁殖⁽⁷⁾如真菌或細菌也為室內空氣品質問題之一，長時間暴露易產生鼻子或呼吸道過敏，嚴重時造成皮膚過敏、疲倦昏沉、頭痛等反應。主要來自室外，受到室內空氣濕度、溫度影響夏秋兩季濃度較高⁽²⁾。

2. 二氧化碳(CO₂)

大氣中二氧化碳的含量約在 0.03~0.04% 之間，在清淨的室內環境中，二氧化碳濃度會接近大氣中之濃度。室內二氧化碳的來源主要來自於人類呼吸、吸煙、及其他燃燒行為。當室內人員密度過高或是換氣效率不佳時，容易造成二氧化碳濃度累積，同時其他的污染物濃度也相對地提高。因此，二氧化碳被視為室內空

氣品質良窳最重要的化學性指標。研究顯示，當二氧化碳濃度過高時，除了會刺激呼吸中樞造成呼吸費力或困難等感覺，亦會產生頭痛、嗜睡、反射減退、倦怠等症狀，因此若辦公室二氧化碳濃度過高，會使員工工作效率明顯降低，故而影響產業競爭力⁽⁸⁾。室內二氧化碳濃度，環保署建議值不得超過1000 ppm⁽⁹⁾。

3. 一氧化碳(CO)

任何涉及燃燒之器具皆可能造成一氧化碳之產生，為無色無味之氣體，高濃度暴露有致死危險，住宅中應注意此類器具之使用(如瓦斯熱水器、瓦斯爐)，並經常保持室內通風⁽²⁾。

4. 粒徑小於等於10微米(μm)之懸浮微粒(PM_{10})

懸浮微粒依其粒徑大小而對呼吸道的影響有所差異，一般將粒徑小於或等10 μm 的微粒稱之為呼吸性微粒，因為這些微粒可隨著呼吸作用進入呼吸系統，並依其粒徑由大至小分別沉降於鼻腔、呼吸道及肺泡細胞，而對於呼吸道有所危害。室內環境中呼吸性懸浮微粒的來源有吸煙、烹煮、建材中之石綿、人造礦物纖維、植物花粉、動物性過敏原、微生物之細菌、真菌、病毒等，依其性質不同而對人體有不同形式之危害⁽⁸⁾。

5. 粒徑小於等於2.5微米(μm)之懸浮微粒($\text{PM}_{2.5}$)

$\text{PM}_{2.5}$ 指的是大氣中的超細懸浮顆粒物，也稱為可入肺顆粒物，它的直徑還不到人的頭髮絲粗細的1/28。事實上，我們平常呼吸的空氣中充斥著 $\text{PM}_{2.5}$ ，因為它們可以在空氣中懸浮或隨著氣流四處漂浮，也易吸附著有毒物質如二氧化硫。雖然 $\text{PM}_{2.5}$ 只是地球大氣成分中含量很少的組分，它對空氣質量和能見度等卻有重要的影響。美國在1997年提出針對管制、監測 $\text{PM}_{2.5}$ 的標準，主要是為了更有效地監測因工業化而產生對人體有害的細小顆粒物(細懸浮微粒)。 $\text{PM}_{2.5}$ 已經成為一項重要的監測空氣污染程度的指數。世界衛生組織空氣品質指引建議之 $\text{PM}_{2.5}$ 年平均濃度的標準為 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，日平均濃度的標準為 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁽¹⁰⁾。

消毒劑

1. 乙醇

一般的醫院常使用的消毒方式大多都是使用酒精類來進行消毒，酒精擁有消毒劑的許多特性。它快速揮發的特性，讓它很適合作為皮膚消毒劑使用，它對許多種格蘭氏陰性菌具有殺菌作用。乙醇是被廣泛使用的消毒劑，但是必需滲入一些水，才能讓它表現出最佳的殺菌作用；70%的乙醇溶液是最受推薦的選擇。但這只在乾燥環境下的情況，若是在潮濕的環境下，40%的乙醇即能有效對抗一般非孢子性病原性有機物。乙醇對細菌的孢子成效有限，但確實對一些黴菌孢子有作用，但殺死它們需要花幾分鐘的時間。也會被乙醇殺滅。但假如這些器材上堆積異物，那使用乙醇亦無法徹底消毒⁽¹¹⁾。

2. 二氧化氯消毒劑

二氧化氯是一種高效、普遍、快速的消毒劑，發現其殺菌作用已有一百多年歷史，最早只用於水的消毒，亦可殺滅各種微生物，包括各種細菌繁殖體、芽孢、

真菌、病毒甚至原蟲等。其殺滅微生物之作用機制為對微生物細胞壁有較強的吸附穿透能力，可有效的氧化細胞內含巰基的酶，還可快速抑制微生物蛋白質的合成而破壞微生物⁽¹²⁻¹³⁾。二氧化氯為目前國際上所公認較為安全、環保之較新之殺菌劑，且經過美國環境保護署(EPA)核准用於醫療衛生業儀器設備的消毒之後，更獲得許多國家與地區之使用。又依據文獻，二氧化氯具有強氧化能力，氣態易溶於水、穩定性高、無爆炸性，無腐蝕性等特性。以及消毒功能強，且不產生抗藥性等優點；是一種綠色殺菌消毒劑⁽¹⁴⁾。它幾乎對真菌、病毒等都有很強的殺滅作用，但它對動植物機體卻不產生毒效，對高等動物細胞無“三致”作用，作為第四代消毒劑，世界衛生組織(WHO)認為該物質完全沒有致癌、致畸性，把它排在安全消毒方法的首位，又列為A1級安全消毒劑⁽¹⁴⁾。目前二氧化氯為化學消毒劑中最理想的消毒劑，其消毒殺菌效果是一般消毒水的5-10倍，並具有高效、無殘留等特性與優點，故被稱為『綠色消毒劑』，不致對環境造成危害，已被國際上先進國家廣泛應用⁽¹³⁾。針對寵物美容院內型態等公共場所不同，密閉性與半密閉性的空間。非生物性因子與生物性因子的同時作用，即可能對於暴露達數分鐘的人群和寵物，造成身體不適等各種影響，因此本研究期望能利用二氧化氯之消毒性以及對人體的無害性，進而達到使用極低濃度即可對環境中各種微生物切斷傳染的源頭，保護人員之衛生安全。

3. 弱酸性次氯酸水消毒劑

本研究將針對生物性的污染問題，嘗試利用已被證實具有良好的殺菌效果的弱酸性次氯酸水，以氣霧方式噴灑於空氣中，以達降低室內微生物濃度之目的。弱酸性次氯酸水的製備方法是將食鹽、鹽酸等含有氯離子的溶液予以電解，以生成含有HOCl的電解水的方法。但是，已知HOCl在單體的狀態下存在時呈現最強的殺菌效果，不過該殺菌效果要依賴於液體的pH值的平衡關係，在鹼性條件時會成為幾乎沒有殺菌力的ClO⁻，在pH值為4以下的酸性時會成為氯氣並在短時間內逸散⁽¹²⁾。因此，為了要使殺菌力穩定的HOCl存在，必須將pH值維持在5.0~6.5左右。而弱酸性次氯酸水(Weak acid hypochlorous water, WAHW)的pH值就能維持在5.0~6.5之間，它是在一室型即無隔膜電解槽裡通過2V左右的直流電壓電解濃度為2%~6%的稀鹽酸生成的無色透明非粘性液體。在電解槽陽極生成氯氣和H⁺，其中H⁺溶於水使水的pH值為5.0-6.5；氯氣與水反應生成鹽酸和次氯酸(HOCl)使水中有效氯濃度達到10~30 mg/L；陰極只生成氫氣⁽¹⁵⁾。另外，WAHW的pH值為5.0-6.5接近中性，對運輸和儲存的材料要求不高，所以便於推廣應用。

(四)研究方法及步驟

1. 研究方法概述

針對內科病房內空氣進行採樣，以利進行其生物性污染物存在調查以及指標性微生物的相關性分析，並以基因的方式進行菌種之鑑定以瞭解菌種分布，其能更清楚病房內空間環境中是否帶有致病性的微生物。本研究以內科病房作為研究對象，並利用環檢所公告之室內空氣中細菌濃度檢測方法(NIEA E301.12C)與室

內空氣中真菌濃度檢測方法(NIEA E401.12C)定量分析內科病房環境中微生物之含量外，亦進行現場檢測室內空氣品質因子(例如：溫度、相對溼度、風速、二氧化碳、一氧化碳、PM_{2.5}、PM₁₀、TSP等)。非生物性物體表面之分析依據擦拭法(NIEA E101.00T)採樣後在不同地方所測握把、扶手表面進行採集表面樣本，然後採用平板計數法計取原始表面為生物的菌落數。得知測試區域之微生物污染情形之後，再使用自行研發之二氧化氯及次氯酸水配方應用於內科病房內活動空間進行殺菌消毒，以 0.2 mg/m³-0.9mg/m³ 的二氧化氯及弱酸性次氯酸水溶液氣霧於內科病房內活動空間、以 50mg/L 的二氧化氯及弱酸性次氯酸水溶液噴霧進行消毒殺菌並探討其消毒方式對環境生物性污染物存活之影響及殺菌效果，以便獲得二氧化氯及弱酸性次氯酸水對公共場所空間環境進行動態消毒技術，從而切斷病毒微生物的傳播途徑，控制傳染疾病流行。

2. 實驗步驟

基於前述之研究方法，本研究之實驗步驟如圖 1 所示，其細節分別說明之：

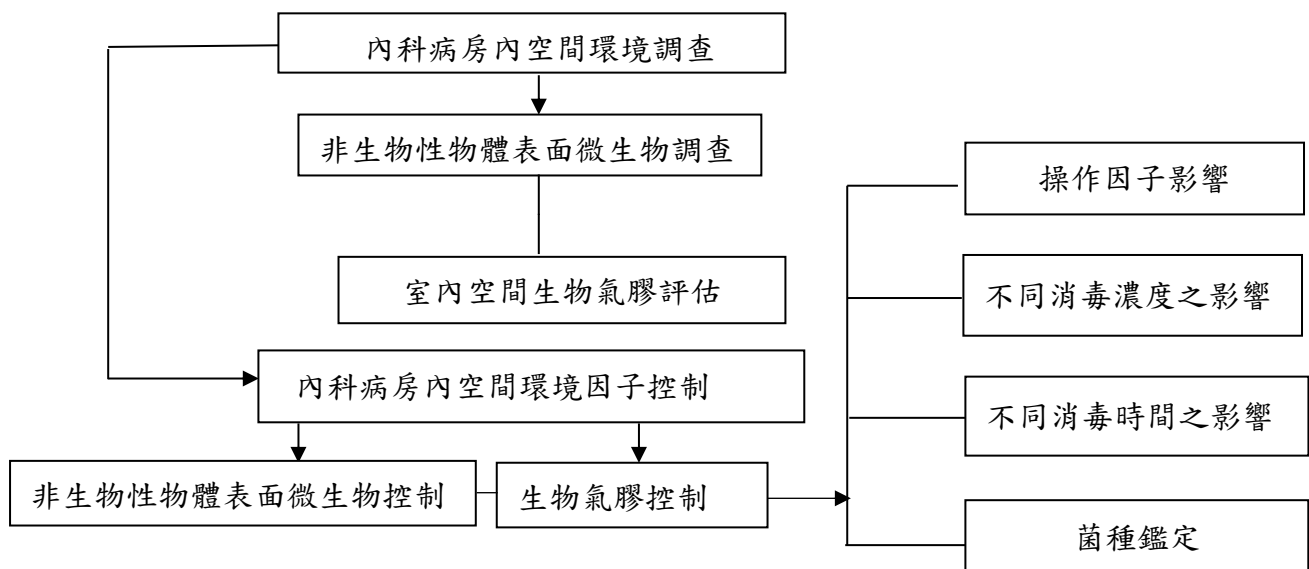


圖1 本計畫之進行步驟圖

內科病房生物氣膠現況與消毒

- (1) 本研究將使用微生物空氣採樣器，採樣佈點按室內面積 $\geq 30\text{m}^2$ ，在中心點處設一個採樣點，均距牆1m；室內面積 $\leq 30\text{m}^2$ ，即一對角線上選三個採樣點，即中心選一個採樣點、兩端距牆1m處各選一個採樣點，所採集的点置於呼吸帶的高度，內科病房採樣配置如圖2所示。



圖 2 內科病房採樣圖(○採樣點；★施藥點；→出入口)

- (2) 對此內科病房內殺菌消毒前之空氣中細菌、真菌含量進行檢測取得背景值；檢測時採用微生物空氣採樣器(MAS-100 Eco Microbial Air Sampler (Merck, Germany, 100L/min)在不同時間點對所測空間環境的空氣進行定時定量採集空氣樣本，抽取定量之空氣流量為 100 公升/分鐘將其衝擊至培養基中進行樣本之採樣，其採樣時間依環境中生物氣膠濃度經培養後，採用平板計數法記取原始空氣中微生物的菌落數，作為殺菌消毒前的對照組。
- (3) 獲得原始菌落數後，以使用自行研發之二氧化氯及弱酸性次氯酸水配方對選定之公共場所進行殺菌消毒。一為二氧化氯及弱酸性次氯酸水放置於室溫中會以自然燻蒸方式，自然揮發散佈於整個室內之空間，而達到獵殺細菌的目的。另以氣霧機氣霧方式將二氧化氯及弱酸性次氯酸水散佈於整個室內之空間進行消毒。根據美國勞工安全衛生部 (US OSHA) 與職業安全衛生研究所(US NIOSH)對於二氧化氯氣體濃度的法規規定：八小時平均時量容許濃度⁽¹⁶⁾(TLV-TWA)為 0.1ppm (相當於 0.3mg/m³)；在八小時工作時間，任意 15 分鐘內的最高氣體平均濃度值 (TLV-STEL)為 0.3ppm(相當於 0.9 mg/m³)⁽¹⁶⁾，初步選定 0.2mg/m³-0.9mg/m³ 氣態二氧化氯及弱酸性次氯酸水殺菌消毒濃度，殺菌時間則初步確定為內科病房營業時間，最終的期望能獲得在較低的殺菌濃度、合理的殺菌時間內，殺菌消毒效果最好。
- (4) 殺菌消毒完成後半小時，按照殺菌前的採樣方法採集殺菌後的空氣樣品，分析檢測其中細菌的菌落數，與對照組對比，即可知氣態二氧化氯及弱酸性次氯酸水對空間環境殺菌消毒的影響因素，以獲得氣態二氧化氯及弱酸性次氯酸水對醫護人員室內場所空間環境消毒的較佳殺菌消毒方法。
- (5) 消毒方式對殺菌消毒效果的影響：在採樣區分別放置二氧化氯及弱酸性次氯酸水進行當日單次投藥消毒法、批次投藥消毒法(當日每四小時後重新投藥)及連續投藥消毒法(每日持續投藥)進行。經生物氣膠採樣分析結果，即可進行比較三種不同消毒方式之消毒殺菌效能。
- (6) 由於二氧化氯對於光解速率之影響對實驗結果具有代表性，但此研究場所為內科病房，因應職場經營所需，其室內空間幾乎都有日照光及人工光源，因此針對本實驗二氧化氯對於光解速率之影響做監測。
- (7) 另因空氣中之細菌與真菌在四季裡的生存狀況不同之性質，因此本實驗將針

對內科病房室內空氣，針對季節性的不同進行採樣並且重複分析，以明確比較內科病房內空間之污染，在四季中的濃度變化，以做為公共場所空氣消毒提供重要的理論依據和確實可行的方法。

- (8) 室內空氣中細菌進行菌種鑑定（生化反應鑑定及rpoB基因序列比對），即可得知內科病房內常存在之優勢菌種，可判定內科病房內之優勢菌種是否易對人體健康造成傷害。經四十八小時培養之菌株以劃碟之方式進行分離、純化培養後再分別由API試劑條進行菌種鑑定方式採樣後樣本純化分離培養出優勢菌株，即可進行API試劑條進行菌種鑑定，API試驗條由數個乾燥底物的小管所組成。這些測定是用菌懸液接種於含有不同的化學物質及培養基上。接種細菌之後培養於35-37°C培養24小時後，細菌在其中生長所造成的生化反應的顏色變化，根據讀表判斷反應結果，參照說明書的分析圖譜索引或鑑定軟件得到鑑定結果來判定細菌的種類。

內科病房非生物性物體表面微生物現況與消毒

- (1) 消毒劑配置：選定二氧化氯及弱酸性次氯酸水作為內科病房非生物性物體表面(例如:洗手台表面、水龍頭開關處、廁所握把、馬桶坐墊、馬桶扶手等病患頻繁接觸的地方)之消毒殺菌劑。非生物性物體表面配置50mg/L的二氧化氯及弱酸性次氯酸水噴灑於非生物性物體表面的方式進行表面消毒，內科病房非生物性物體表面微生物採樣配置如圖3所示。
- (2) 先以ATP冷光儀（ATP luminometer)是用ATP來進行微生物總含量的檢測，其檢測結果是以相對吸光值(relative light unit, RLU)呈現，利用冷光的方式檢測出金屬表面的微生物殘留量，進行桌面表面背景值採樣後，欲以編號培養，再以50mg/L二氧化氯及弱酸性次氯酸水消毒劑進行噴霧消毒分別在噴灑後3min、5min、10min、30min時間再進行採樣培養。



圖 3 表面微生物採樣點示意圖(■為5 × 5cm²；▲為1 × 1cm²)


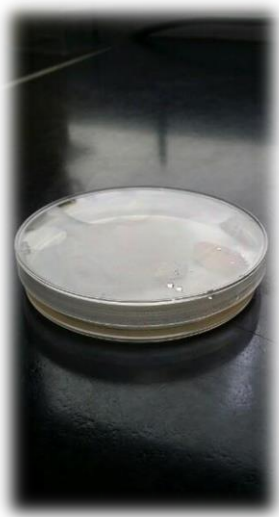

統計分析方法

利用 SPSS 套裝軟體進行統計分析，以成對 t 值檢定 (paired t test) 分析來探討各項影響因子對於室內生物氣膠及非生物性物體表面微生物濃度改變量之關聯性，最終評估二氧化氯及弱酸性次氯酸水兩者在實際應用之成效與其整體經濟效益。

表 1 本實驗所使用之實驗儀器，以下敘述之：

儀器名稱	儀器用途	圖
高溫高壓滅菌釜	設定溫度 121°C ，壓力 1.1atm (kg/cm^2)，時間 15 分鐘，用於乾燥、濕熱滅菌，其功用為固體及液體培養基的製備以及實驗後培養基的滅菌等。	
恆溫烘箱	一般用於乾熱滅菌，即定量玻璃吸管、玻璃培養皿之滅菌；本實驗為培養基之培養，使用培養基不同溫度亦不相同。	
攜帶型二氧化氯測定器	將樣品放入比色管內，進行背景空白試驗，再加入 Chlorine Dioxide (Glycine) 及 Free (DPD) Reagent 藥包至試劑溶解即可得到該測量值。	

<p>微生物空氣採樣器 (MAS-100 Eco™)</p>	<p>用以採集空氣中的細菌、真菌，MERCK，USA。原理：MAS 100 是依據 Anderson 氏 Air Sampler 的原理所設計。氣流流速：100 公升/分鐘，水平的流速為 0.45m/sec。MAS 100 出廠校正流速為 1000 litres / 10 分鐘。</p>	
<p>多功能空氣品質偵測器 (Q-TRAK™ Plus IAQ Monitor 8554, TSI USA)</p>	<p>可測量一氧化碳、二氧化碳濃度、相對濕度、溫度等功能。二氧化碳量測範圍：0~5,000 ppm，準確率：讀值的 ± 3.0% 或 ±50 ppm，解析度：1 ppm，反應時間：20 秒，偵測原理：NDIR。溫度量測範圍：0~50℃，精確度：± 0.6℃，解析度：0.1℃，反應時間：30 秒。相對濕度量測範圍：5%~95%RH，精確度：±3% RH，解析度：0.1% RH。一氧化碳量測範圍：0~500ppm，精確度：讀值±3% 或 3ppm，解析度：0.1ppm，偵測原理：electro- chemical。</p>	

<p>粉塵計 (Model: AEROCET 531S)</p>	<p>可測量 PM₁、PM_{2.5}、PM₄、PM₇、PM₁₀、TSP 的質量數，可同時測量 0.5μm, 1μm, 5μm, 10μm 的顆粒數，最大可測量顆粒數: 3,000,000 顆，採樣時間: 1 min，最大可測量質量濃度: 1,000 μg/m³，具 6,257 組數據儲存功能，偵測原理: 雷射二極法 (780nm)。</p>	
<p>培養基</p>	<p>採樣後培養皿直接進行培養</p>	
<p>二氧化碳偵測計</p>	<p>測量範圍：0~4,000 ppm，精確度：±40ppm (1000ppm 以下) ± (5% 讀值+250ppm)，溫度：0~50.0 °C，解析度：0.1 °C，操作環境溼度：低於 85%RH，取樣時間：大約 1 秒</p>	

<p>手提式酸鹼度測定儀</p>	<p>量測範圍 pH: 0.00~14.00 pH ; mV : -1999~+1999 mV。 精確度: pH: ±0.01 pH ±1 digit ; mV : ±0.1 ±1 digit。 解析度: pH: 0.01 pH ; mV : 1 mV。 0~100°C 手調設定溫度補償。</p>	
<p>HACH DR870 系列比色計</p>	<p>溫度: 0~50°C。 里程: 0~2 安培。</p>	

(五)結果與討論

本研究以醫院內科病房區為研究對象，因醫院屬公共場所，由於進出人員龐雜，帶原者和易感染性者（如老人、小孩、免疫力不佳者）共處一室，很容易造成交叉感染。因此需檢測之室內空氣中微生物含量是否過高，應依環保署最新公佈之室內空氣品質管理法之標準為依據，細菌的標準最高值為 1500 CFU/m³ 及真菌的標準最高值為 1000 CFU/m³。為了保護患者與醫護人員免於傳染病交叉感染，本研究針對醫院內科病房區之室內空氣進行消毒，內科病房區包括感染科病房、非感染科病房、污物室及配膳室等。在消毒期間，使用氣體二氧化氯安全的濃度 0.3 mg/m³ 作為試驗濃度，當氣體二氧化氯消毒後開始計時消毒後 1 小時、2 小時、3 小時、4 小時、5 小時、6 小時對空氣採樣配置圖(如圖 2)進行一式三份的採樣分析，而消毒模式分別為當日單次投藥消毒法、批次投藥消毒法（當日

每三小時後投藥一次)及連續投藥消毒法(每日持續投藥)進行。並以相同的消毒濃度與消毒方法將次氯酸水應用於上述的地點。

1. 內科病房區之室內環境品質因子監測

內科病房區之環境因子如表 2 所示,內科病房區之感染科病房與非感染科病房室內溫度為 22.9-23.2°C 之間,而污物室與配膳室為公共空間其室內溫度為 26.9-28.5°C 之間比病房溫度高一些;CO₂ 濃度於非感染科病房偶有超過室內空氣品質標準之規定(1000ppm);PM_{2.5} 及 PM₁₀ 監測之結果不論是感染科病房、非感染科病房、污物室及配膳室均符合室內空氣品質標準之規定(PM_{2.5}<0.035mg/m³; PM₁₀<0.075mg/m³),表示內科病房區之環境控制佳,感染科病房之 PM_{2.5} 及 PM₁₀ 均比非感染科病房監測結果小,表示感染科病房空間之環境控制更好。

表 2 內科病房區之環境因子 (mean±SD)

項目	感染科病房	非感染科病房	配膳室	污物室
人數	11±3	10±1	4±1	3±1
溫度 (°C)	23.2±1.1	22.9±0.6	28.5±1.4	26.9±1.1
濕度 (%)	64.7±5.3	70.2±4.2	69.1±5.4	64.3±12.4
風速 (ft/min)	2.8±3.1	0.8±1.2	0.2±0.4	0.7±0.5
CO ₂ (ppm)	829±48	1006±200	829±187	670±69
PM _{2.5} (mg/m ³)	0.002±0.001	0.003±0.002	0.001±0.001	0.001±0.001
PM ₁₀ (mg/m ³)	0.009±0.004	0.012±0.005	0.009±0.016	0.005±0.002
TSP (mg/m ³)	0.016±0.008	0.019±0.006	0.019±0.006	0.013±0.004
細菌(CFU/ m ³)	515±766	499±601	1335±1035	951±596
真菌(CFU/ m ³)	46±44	135±45	237±156	255±135

根據環保署室內空氣品質管理法之規定,細菌之標準值為最大值不可超過 1500 CFU/m³ 及真菌之標準值為最大值不可超過 1000 CFU/m³。針對配膳室與污物室室內空氣品質監測以利進行評估改善之工作,監測結果如表 3 所示,暑假期間細菌平均濃度為 1279±224 CFU/m³,真菌平均濃度為 240±18 CFU/m³,經過二氧化氯噴霧單次投藥消毒後的結果可得到細菌平均濃度為 916±198 CFU/m³,真菌平均濃度為 198±38 CFU/m³、批次投藥消毒得到細菌平均濃度為 1040±185 CFU/m³,真菌平均濃度為 208±42 CFU/m³;連續投藥消毒得到細菌平均濃度為 1001±353 CFU/m³,真菌平均濃度為 215±36 CFU/m³,而經過次氯酸水噴霧單次投藥消毒後的結果可得到細菌平均濃度為 913±345 CFU/m³,真菌平均濃度為 208±35 CFU/m³、批次投藥消毒得到細菌平均濃度為 783±319 CFU/m³,真菌平均濃度為 173±41 CFU/m³;連續投藥消毒得到細菌平均濃度為 834±462 CFU/m³,真菌平均濃度為 266±65 CFU/m³,由此數據結果可得知暑假期間經由二氧化氯消毒單次投藥消毒後與次氯酸水噴霧批次投藥消毒後的細菌及真菌最能有效被抑制到標準值之範圍。

表 3 暑假配膳室與污物室消毒前後之監測情況

項目	二氧化氯				次氯酸水			
	細菌 (CFU/m ³)	殺菌率 (%)	真菌 (CFU/m ³)	殺菌率 (%)	細菌 (CFU/m ³)	殺菌率 (%)	真菌 (CFU/m ³)	殺菌率 (%)
背景值	1279±224	-	240±18	-	1279±224	-	240±18	-
單次消毒	916±198	28.4	198±38	17.5	913±345	28.6	208±35	13.3
批次消毒	1040±185	18.7	208±42	13.3	783±319	38.8	173±41	26.7
連續消毒	1001±353	21.7	215±36	10.4	834±462	34.8	266±65	0

寒假期間(如表 4)細菌平均濃度為 320±82 CFU/m³，真菌平均濃度為 136±17 CFU/m³，經過二氧化氯噴霧單次投藥消毒後的結果可得到細菌平均濃度為 233±85 CFU/m³，真菌平均濃度為 130±26 CFU/m³、批次投藥消毒得到細菌平均濃度為 221±27 CFU/m³，真菌平均濃度為 103±16 CFU/m³；連續投藥消毒得到細菌平均濃度為 657±44 CFU/m³，真菌平均濃度為 703±69 CFU/m³，而經過次氯酸水噴霧單次投藥消毒後的結果可得到細菌平均濃度為 237±40 CFU/m³，真菌平均濃度為 121±37 CFU/m³、批次投藥消毒得到細菌平均濃度為 260±55 CFU/m³，真菌平均濃度為 92±38 CFU/m³；連續投藥消毒得到細菌平均濃度為 465±180 CFU/m³，真菌平均濃度為 214±16 CFU/m³，由此數據結果可得知寒假期間菌落數跟暑假比較相對來的少，兩種消毒劑在連續消毒部分沒有明顯的殺菌率，可能是連續的噴霧使得空氣中殘留太多懸浮微粒導致，而經由二氧化氯消毒批次投藥消毒後與次氯酸水噴霧批次投藥消毒後的細菌及真菌最能有效被抑制到標準值之範圍。

表 4 寒假配膳室與污物室消毒前後之監測情況

項目	二氧化氯				次氯酸水			
	細菌 (CFU/m ³)	殺菌率 (%)	真菌 (CFU/m ³)	殺菌率 (%)	細菌 (CFU/m ³)	殺菌率 (%)	真菌 (CFU/m ³)	殺菌率 (%)
背景值	320±82	-	136±17	-	320±82	-	136±17	-
單次消毒	233±85	27.2	130±26	4.4	237±40	25.9	121±37	11.0
批次消毒	221±27	30.9	103±16	24.3	260±55	18.8	92±38	32.4
連續消毒	657±44	0	703±69	0	465±180	0	214±16	0

內科病房區之生物氣膠污染現況如圖 4a 與圖 4b，病房區分別有單人病房型、雙人病房型及三人病房型並有感染病房與非感染病房之區別，採樣期間分別採檢病房內的細菌與真菌，不論是單人病房型、雙人病房型及三人病房型之細菌平均濃度均小於室內空氣品質標準規定(1500 CFU/m³)，真菌平均濃度均小於室內空氣品質標準規定(1000 CFU/m³)如圖 4a 與圖 4b 所示，單人型感染病房之生物氣膠均小於非感染型病房，感染病房為負壓式隔離病房，且通風系統每小時換氣

6-12 次，並有獨立的空調系統，因此菌落數比非感染型病房較少；而污物室之細菌與真菌菌落數是比病房區來得多，因為污物室是收集病房內之患者身上穿過衣物與污穢的床單及廢棄的針筒等，導致污物室菌落數較多。

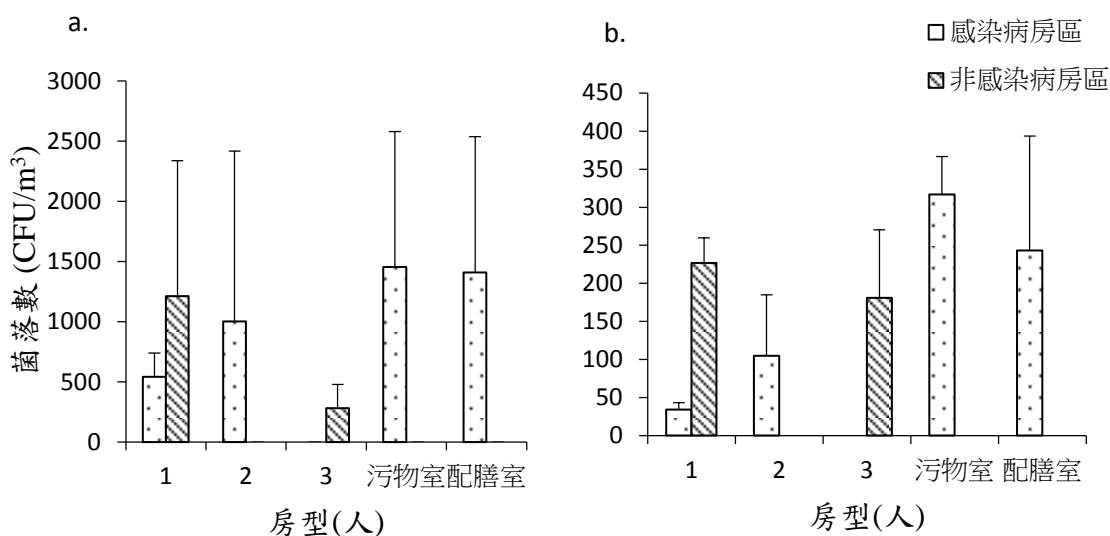


圖 4 內科病房區之生物氣膠污染情況 (a. 細菌；b. 真菌)

2. 消毒方式對內科病房區之生物氣膠之影響

單次投藥消毒法對配膳室與污物室生物氣膠之影響分別如圖 5a 圖 5b 配膳室在未消毒時，可能因有人使用烘乾機影響懸浮微粒、溫度等數值偏高，在消毒 1 小時後，由圖可明顯看出殘菌量足見減少，但在 3 小時後又明顯上升，可能的原因是在這時間為中午 12 點，醫護人員、家屬及病患頻繁進出，導致懸浮微粒上升，殘菌量變多。配膳室未消毒前之細菌濃度已超出室內空氣品質標準之規定，而二氧化氯消毒後，細菌有減少的現象，但在消毒後的第 7 小時細菌濃度又超出室內空氣品質標準之規定，另污物室未消毒前之細菌濃度偶有超出室內空氣品質標準之規定，而二氧化氯消毒後，細菌有減少的現象，因為環境變動大而導致消毒效果不穩定。

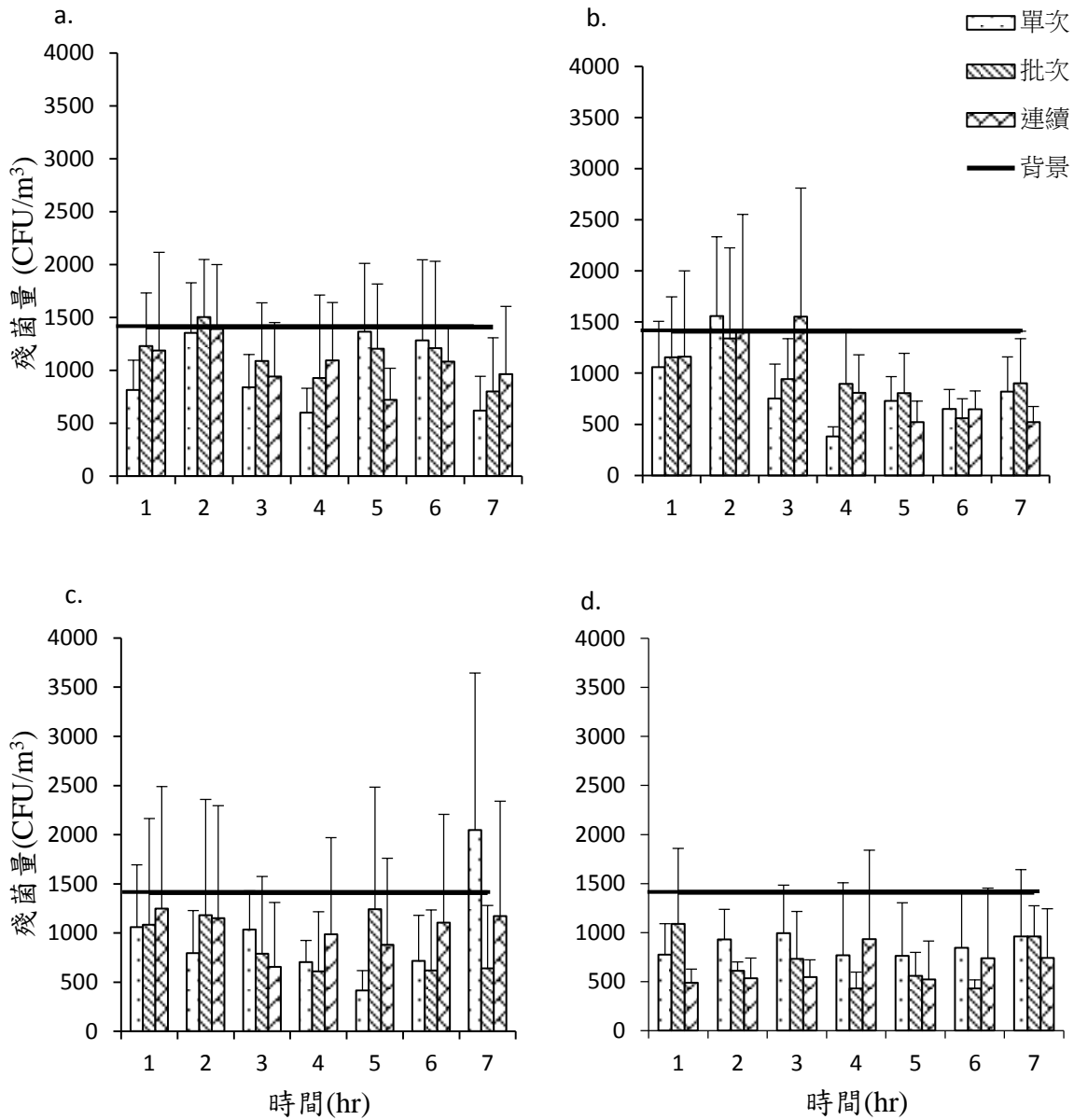


圖 5 不同消毒法及消毒劑對細菌之影響 (a.配膳室二氧化氯消毒法；b.污物室二氧化氯消毒法；c.配膳室次氯酸水消毒法；d.污物室次氯酸水消毒法)

圖 6 中配膳室未消毒前與消毒後之真菌濃度皆低於室內空氣品質標準之規定；因此，當日一次性的投藥消毒方法無法確保當日配膳室與污物室生物氣膠符合室內空氣品質標準之規定，於是於當日每三小時後投藥一次之批次投藥消毒法控制配膳室與污物室生物氣膠之影響。

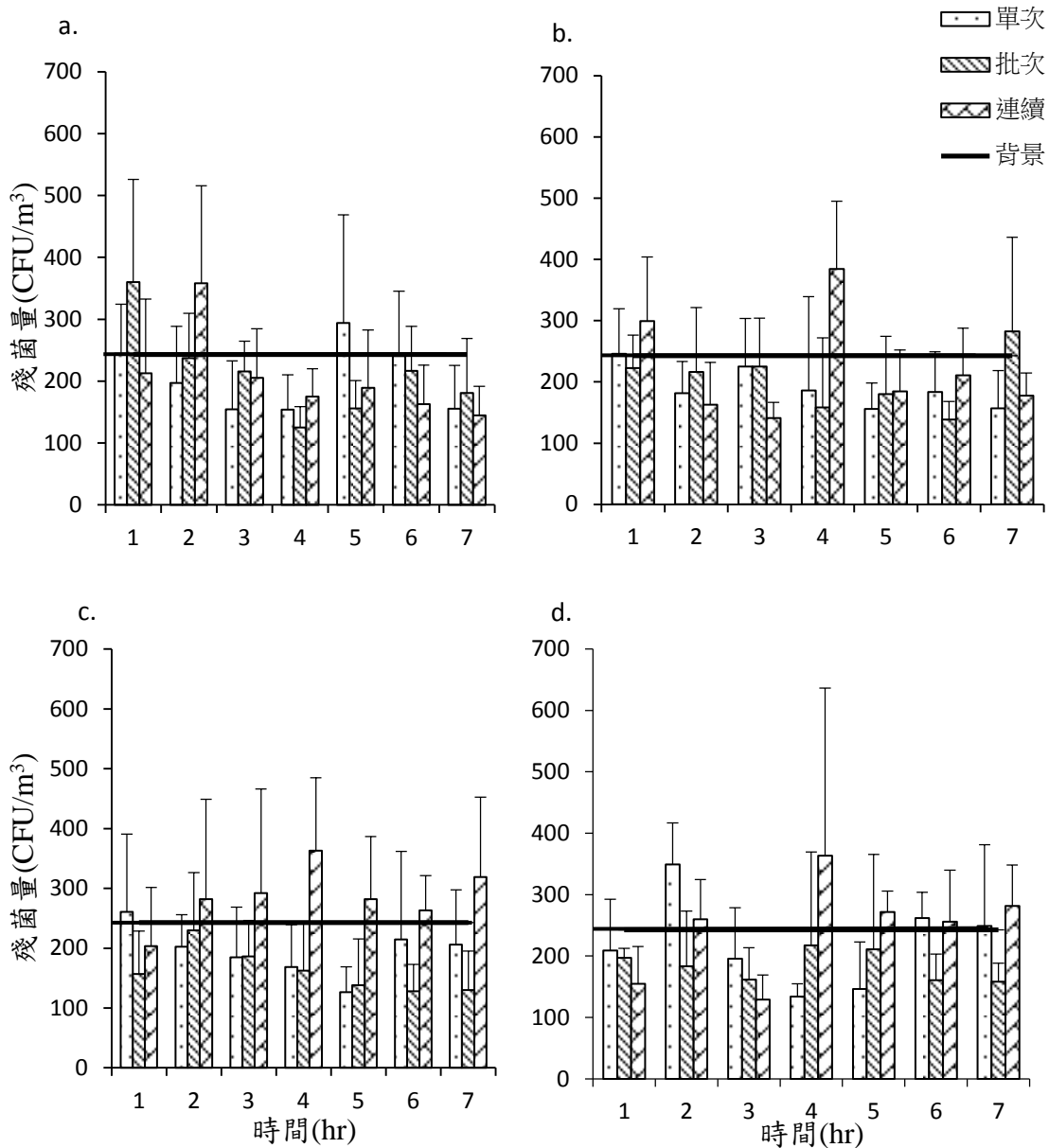


圖 6 不同消毒法及消毒劑對真菌之影響 (a.配膳室二氧化氯消毒法；b.污物室二氧化氯消毒法；c.配膳室次氯酸水消毒法；d.污物室次氯酸水消毒法)

由圖 7a 與圖 7b 可看出配膳室殘留量比污物室多，原因可能在於採樣的過程中有病人家屬使用烘乾機或洗衣機，導致空氣中的環境因子偏高，但由圖還是可看出二氧化氯消毒後菌量明顯下降，可說明二氧化氯消毒還是有顯著的影響；由圖 c 與圖 d 可看出次氯酸水消毒過後殘菌量比原背景值來得高，且配膳室也比污物室的殘菌量多，可能的原因為人員走動頻繁造成懸浮微粒的擾動及其他因素影響菌落數，可表示次氯酸水對空氣的消毒影響不顯著；由上述可說明二氧化氯對空氣的消毒比次氯酸水佳，且成效也比次氯酸水好，表示空氣的消毒使用二氧化氯較佳。

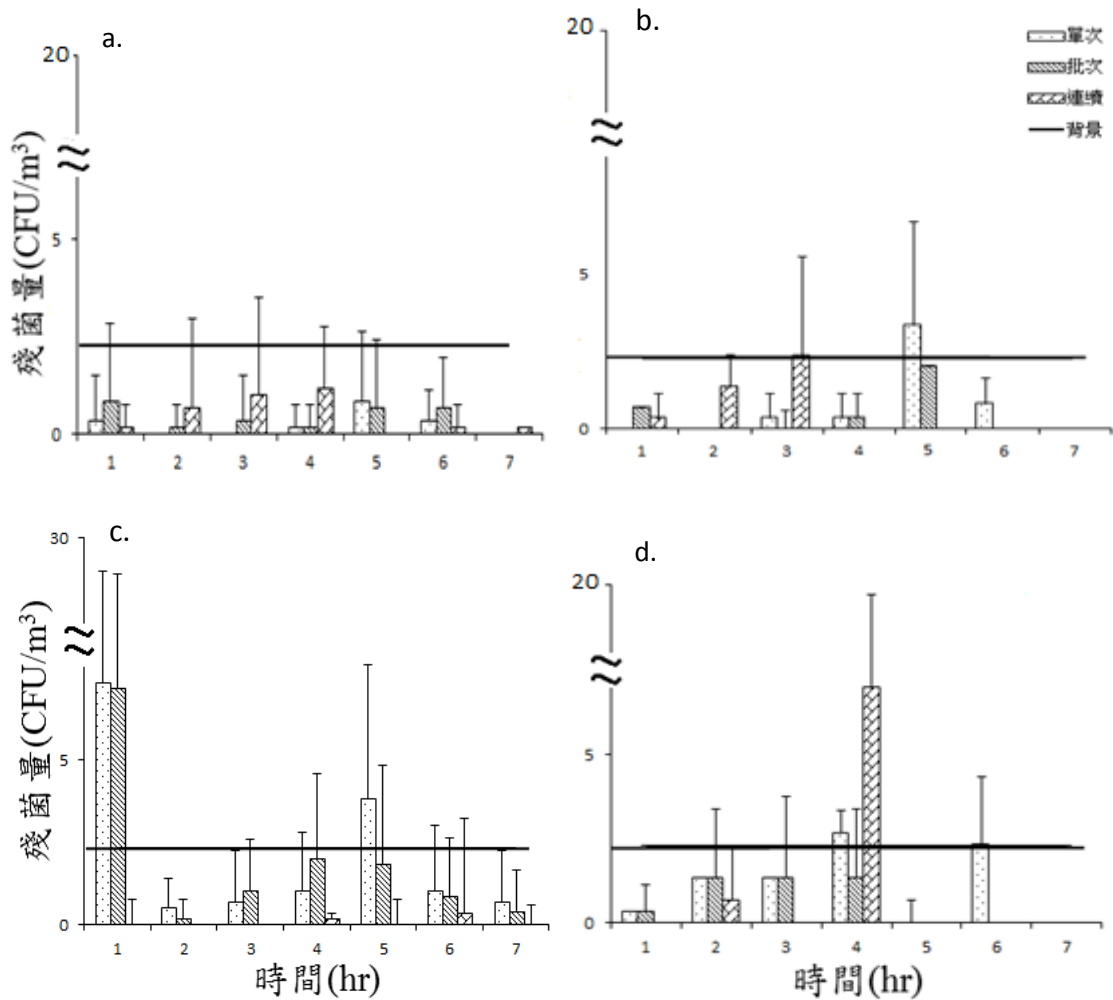


圖 7 不同消毒法及消毒劑對產氣單胞菌之影響 (a.配膳室二氧化氯消毒法；b.污物室二氧化氯消毒法；c.配膳室次氯酸水消毒法；d.污物室次氯酸水消毒法)

由圖 8 可得知二氧化氯消毒後，黴菌有減少的現象，但因為環境變動大而導致消毒效果不穩定。而次氯酸水在消毒後三小時有明顯的效果，但之後殘菌量明顯又開始增加，因此，以當日每三小時後投藥一次之批次投藥消毒法控制可確保殘菌量不會增加。

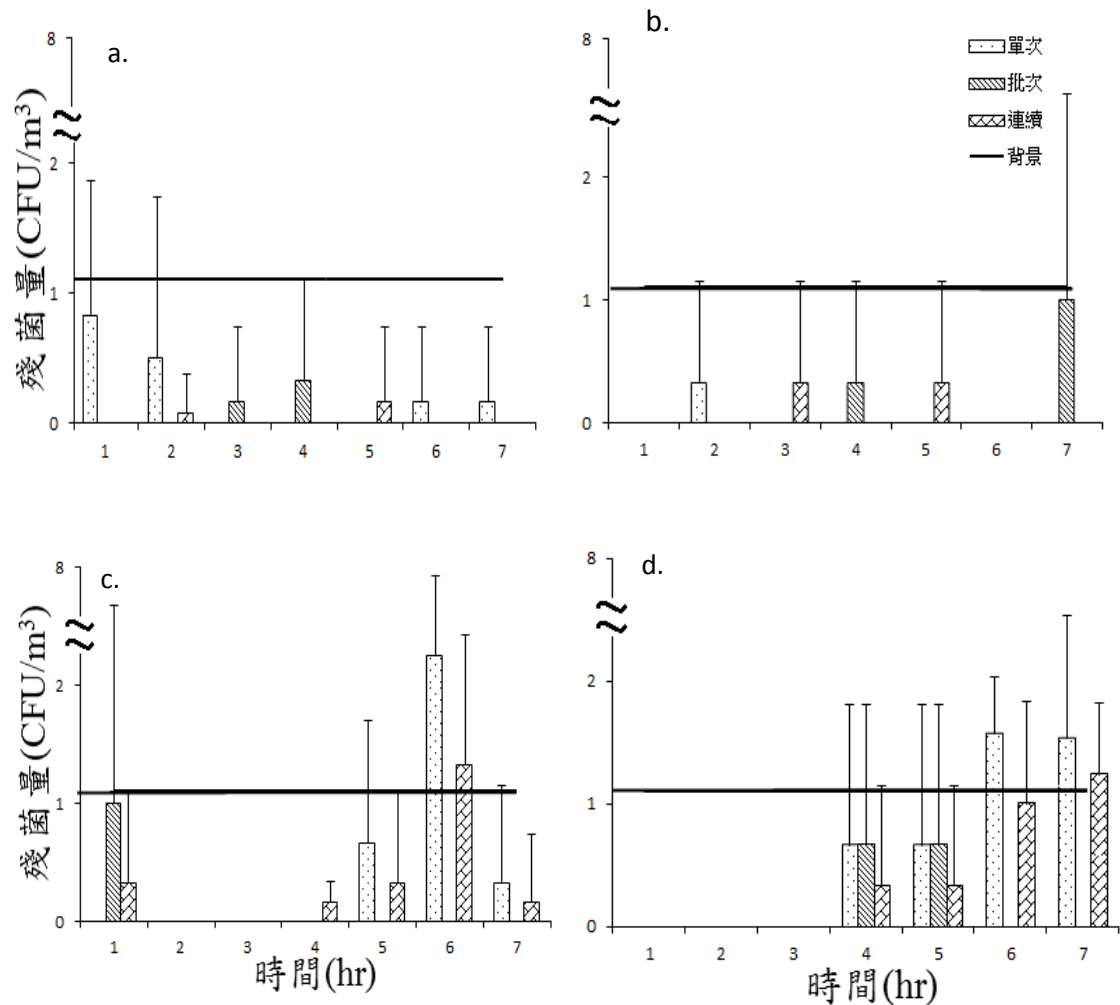


圖 8 不同消毒法及消毒劑對煙燻黴菌之影響 (a.配膳室二氧化氯消毒法；b.污物室二氧化氯消毒法；c.配膳室次氯酸水消毒法；d.污物室次氯酸水消毒法)

3. 非生物性表面之消毒殺菌

不同消毒法對非生物性表面總菌落數之影響，由圖 a 可得知二氧化氯對總菌落數消毒有一定的時間限制，在加藥點後 30 秒內有明顯的下降趨勢，但在 60 秒後又開始逐漸上升，可說明二氧化氯的消毒對總菌落數之影響較差且有時間上的限制；由圖 b 得知次氯酸水對總菌落數有良好的消毒效果，在加藥點後菌落數有明顯下降的趨勢，雖在後面有稍微上升，但整體來看菌落數較少許多，可說明次氯酸水的消毒對總菌落數之影響較佳且持續性較久；而由上述可得知次氯酸水對總菌落數之影響比二氧化氯來得明顯，且殺菌效果也比二氧化氯來得佳，可說明在消毒非生物總菌落數的部分，次氯酸水是較佳的選擇。

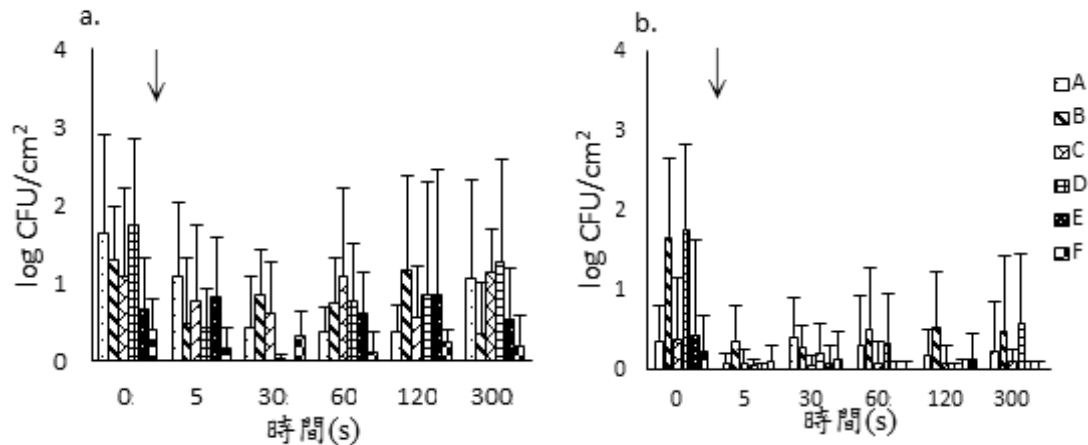


圖 9 不同消毒法對非生物性表面總菌落數之影響 (a. 二氧化氯消毒；b. 次氯酸水消毒；↓加藥點)

由圖 10a 可得知二氧化氯對非生物性表面大腸桿菌消毒效果並不大，在 60 秒時比背景的菌落數還要高，且有略上升又下降的趨勢，可說明二氧化氯對大腸桿菌的消毒效果並不佳且並不穩；由圖 10b 得知次氯酸水對大腸桿菌消毒效率效果較好，在加藥點後就有明顯的下降，雖然在 60 秒時有微幅上升，但菌落數都在平均背景值之下，可說明次氯酸水的消毒對於大腸桿菌之影響較佳且較穩定；而由上述可得知次氯酸水比二氧化氯對大腸桿菌之影響較明顯且殺菌效果也較佳，可說明在消毒非生物大腸桿菌的部分，次氯酸水還是比二氧化氯為較佳的選擇。

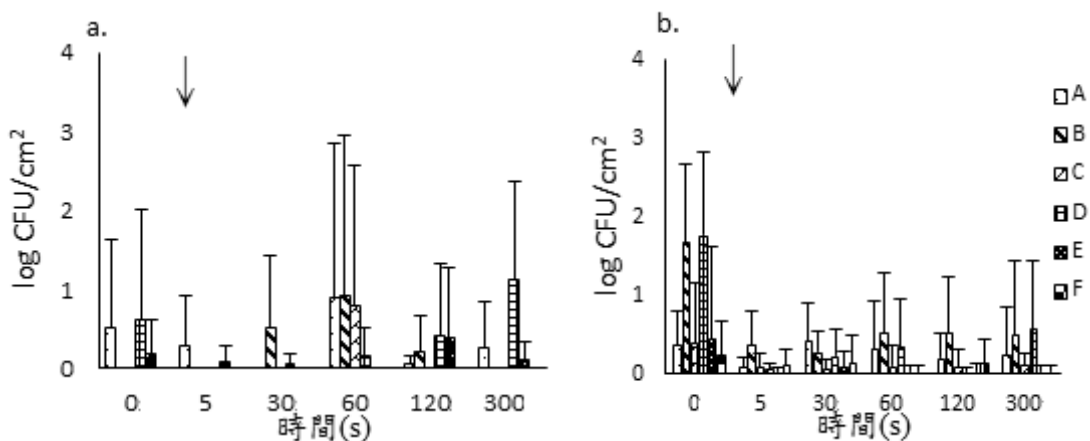


圖 10 不同消毒法對非生物性表面大腸桿菌之影響 (a. 二氧化氯消毒；b. 次氯酸水消毒；↓加藥點)

不同消毒法對非生物性表面產氣單胞菌之影響，由圖 11a 及圖 11b 可得知產氣單胞菌相對在背景值下菌落數已數較少，但在二氧化氯消毒之部分，其餘時間會有菌落數可能的原因為採樣過程中，工作人員或病人家屬來使用導致殘菌量變多；在次氯酸水消毒之部分，在 30 秒採樣的時候，可能也是工作人員或病人家屬來使用導致殘菌量變多；上述可說明在採樣時間有人員來使用時，會影響消毒劑在氣單胞菌上的殺菌效果，但也由兩圖可知次氯酸水對氣單胞菌之

影響還是比二氧化氯消毒較佳。

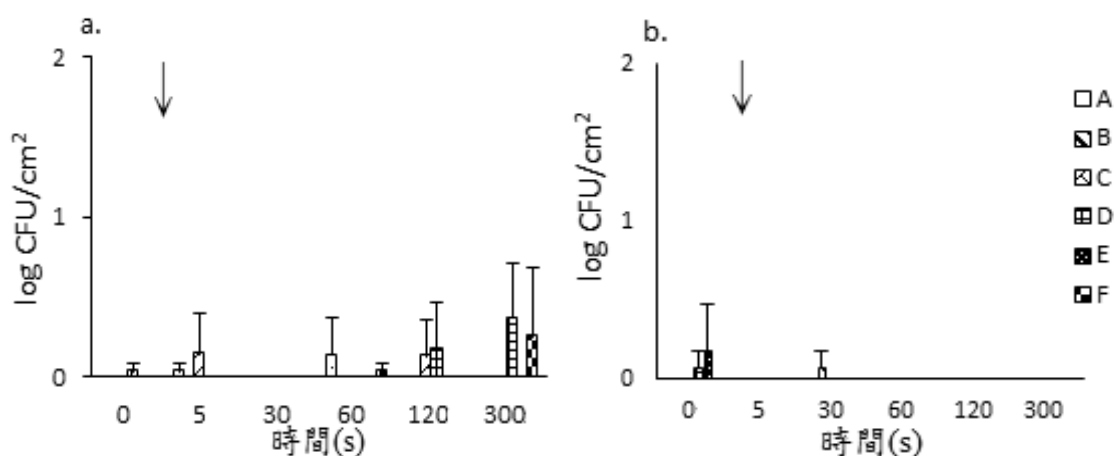


圖 11 不同消毒法對非生物性表面產氣單胞菌之影響 (a. 二氧化氯消毒；b. 次氯酸水消毒；↓加藥點)

4. 統計分析

本試驗結果選用 SPSS24.0 統計軟體進行分析，為有效探討環境因子與菌落數的關係，以雙變數分析(person)來了解個實驗地點之人數、TSP、風速、溫度、二氧化碳、相對溼度、一氧化碳、照度、細菌、真菌等影響因子進行分析。

暑假於配膳室污物室進行 30mg/L 二氧化氯消毒，結果由表 4 可得知，敘述如下：

- (1) 人數對懸浮微粒($PM_{2.5}$, PM_{10} , TSP)、溫度之關聯性($p < 0.01$)，說明配膳室與污物室人數增加影響懸浮微粒、溫度、二氧化碳的變化為正相關。
- (2) 溫度對細菌之關聯性($p < 0.05$)，說明溫度上升影響細菌量增高。

表 4 應用 30mg/L 暑假二氧化氯消毒於生物氣膠之殺菌與環境因子相關分析

項目	消毒時間	消毒次數	人數	$PM_{2.5}$	PM_{10}	TSP	風速	溫度	CO_2	濕度	照度	細菌	真菌	產氣單胞菌
人數	-0.027	-0.180*												
$PM_{2.5}$	-0.294**	-0.203*	0.276**											
PM_{10}	-0.208*	-0.035	0.291**	0.571**										
TSP	-0.179*	-0.094	0.386**	0.506**	0.941**									
風速	-0.040	0.039	-0.358**	-0.032	-0.102	-0.154								
溫度	0.123	0.265**	0.344**	-0.159	-0.015	0.064	-0.364**							
CO_2	-0.004	0.048	0.059	0.060	0.021	0.006	0.047	0.075						
濕度	-0.113	-0.211*	0.276**	0.419**	0.137	0.092	0.059	-0.299**	0.040					
照度	-0.069	0.064	0.465**	0.072	0.006	0.103	-0.452**	0.520**	0.152	0.214*				
細菌	-0.031	0.137	0.148	-0.032	0.137	0.171	-0.055	0.200*	-0.001	-0.135	0.047			
真菌	-0.072	0.247**	-0.064	-0.076	0.166	0.187*	0.113	-0.045	0.069	-0.077	-0.014	0.289**		

產氣單胞菌	0.003	-0.186*	-0.090	-0.090	-0.124	-0.106	0.038	-0.051	-0.044	-0.198*	-0.197*	0.031	-0.031	
煙燻黴菌	0.257**	0.000	-0.140	-0.201*	-0.017	-0.029	0.012	-0.128	0.031	-0.304**	-0.119	0.019	0.021	0.039

**：相關性在 0.01 層級上顯著（雙尾）。

*：相關性在 0.05 層級上顯著（雙尾）。

暑假於配膳室污物室進行 30mg/L 次氯酸水消毒，結果由表 5 可得知，敘述如下：

- (1) 消毒後時間對細菌與真菌呈現負相關，表示消毒劑的噴灑可以有效的降低空氣中的細菌與真菌，而細菌與真菌則產生正相關，代表細菌的增加也會帶動著真菌的增加。
- (2) 人數對 TSP、溫度、濕度、照度之相關性($p < 0.01$)，說明配膳室污物室人數增加或人員走動頻繁會提升懸浮微粒、二氧化碳濃度之變化。

表 5 應用 30mg/L 暑假次氯酸水消毒於生物氣膠之殺菌與環境因子相關分析

項目	消毒時間	消毒次數	人數	PM _{2.5}	PM ₁₀	TSP	風速	溫度	CO ₂	濕度	照度	細菌	真菌	產氣單胞菌
人數	0.050	-0.099												
PM _{2.5}	-0.447**	-0.027	-0.014											
PM ₁₀	-0.284**	0.240**	0.170	0.388**										
TSP	-0.210*	0.180*	0.390**	0.173	0.798**									
風速	0.206*	-0.020	-0.218*	-0.151	-0.143	-0.142								
溫度	-0.054	-0.113	0.522**	0.005	0.038	0.155	-0.403**							
CO ₂	-0.036	-0.135	-0.051	-0.074	-0.068	-0.091	0.107	-0.042						
濕度	-0.060	-0.068	0.242**	0.036	-0.065	-0.130	0.045	-0.016	0.084					
照度	0.041	-0.002	0.619**	-0.052	0.007	0.207*	-0.178*	0.577**	-0.054	0.181*				
細菌	-0.275**	-0.027	0.124	0.315**	0.243**	0.312**	-0.083	0.134	-0.019	-0.282**	0.099			
真菌	-0.306**	0.019	0.000	0.219*	0.117	0.164	0.176*	-0.184*	0.062	0.166	0.069	0.245**		
產氣單胞菌	-0.068	0.157	-0.044	0.138	0.077	0.115	0.050	0.037	-0.031	-0.226*	-0.039	0.064	0.007	
煙燻黴菌	-0.076	-0.156	0.047	0.153	-0.058	0.011	0.041	-0.041	-0.042	0.090	0.046	0.030	0.120	-0.107

**：相關性在 0.01 層級上顯著（雙尾）。

*：相關性在 0.05 層級上顯著（雙尾）。

本實驗寒假於配膳室污物室進行 30mg/L 二氧化氯消毒，結果由表 6 可得知，敘述如下：

- (1) 人數對二氧化碳、細菌跟真菌呈現正相關之關聯性($p < 0.05$)，說明人員的增加與走動頻繁會使二氧化碳濃度提升，而細菌與真菌的數量也跟著增加。
- (2) 細菌對真菌、產氣單胞菌、黴菌呈現正相關，表示細菌量的增加對真菌、產氣單胞菌與黴菌均造成影響。

表 6 應用 30mg/L 寒假二氧化氯消毒於生物氣膠之殺菌與環境因子相關分析

項目	消毒時間	消毒次數	人數	PM _{2.5}	PM ₁₀	TSP	風速	溫度	CO ₂	濕度	照度	細菌	真菌	產氣單胞菌
人數	-0.248	0.105												
PM _{2.5}	0.080	-0.573**	-0.075											
PM ₁₀	-0.031	0.105	0.230	0.408**										
TSP	-0.278*	0.066	0.551**	-0.051	0.550**									
風速	-0.128	0.000	0.113	-0.103	0.045	0.269*								
溫度	0.122	-0.154	-0.105	0.040	0.011	0.042	0.145							
CO ₂	0.046	-0.363**	0.291*	0.228	0.135	0.194	-0.089	0.005						
濕度	0.004	-0.695**	-0.226	0.660**	0.092	-0.225	0.025	0.085	0.255*					
照度	-0.025	-0.065	0.378**	0.297*	0.360**	0.303*	0.083	-0.143	0.322*	0.112				
細菌	-0.155	0.642**	0.307*	-0.506**	0.089	0.289*	0.035	-0.090	-0.195	-0.688**	0.093			
真菌	-0.049	0.759**	0.288*	-0.623**	0.014	0.216	0.067	-0.069	-0.190	-0.826**	0.030	0.825**		
產氣單胞菌	-0.139	0.427**	0.065	-0.432**	-0.024	0.106	0.161	-0.049	-0.505**	-0.392**	0.035	0.372**	0.361**	
煙燻黴菌	0.034	0.204	0.245	-0.195	0.004	0.073	0.084	-0.023	-0.015	-0.197	0.124	0.284*	0.210	0.238

*. 相關性在 0.05 層級上顯著（雙尾）。

**. 相關性在 0.01 層級上顯著（雙尾）。

暑假於配膳室污物室進行 30mg/L 次氯酸水消毒之結果分述如下(如表 7):

- (1) 細菌與真菌呈現正相關，也就是細菌量減少真菌亦減少，細菌量增加真菌亦增加；二氧化碳對濕度照度正相關性($p < 0.01$)，表示二氧化碳的提升會帶動濕度及照度增加。
- (2) 人數對懸浮微粒(PM_{2.5},PM₁₀,TSP)、二氧化碳、細菌之正關聯性($p < 0.01$)，說明配膳室與污物室因人數增加或人員走動頻率高影響細菌量增高。
- (3) 消毒時間對懸浮微粒(PM_{2.5},PM₁₀,TSP) 產生負相關，代表著消毒時間增加，增加空氣中的懸浮微粒沉降。

表 7 應用 30mg/L 寒假次氯酸水消毒於生物氣膠之殺菌與環境因子相關分析

項目	消毒時間	消毒次數	人數	PM _{2.5}	PM ₁₀	TSP	風速	溫度	CO ₂	濕度	照度	細菌	真菌	產氣單胞菌
人數	-0.435**	0.000												
PM _{2.5}	-0.808**	0.000	0.357**											
PM ₁₀	-0.612**	0.000	0.657**	0.546**										
TSP	-0.543**	0.000	0.740**	0.522**	0.895**									
風速	-0.096	0.000	-0.185	0.000	-0.230	-0.298*								
溫度	0.568**	0.000	0.087	-0.352**	-0.267*	-0.240	-0.236							
CO ₂	0.002	0.000	0.576**	-0.114	0.232	0.192	-0.094	0.222						
濕度	0.311*	0.000	0.283*	-0.504**	0.055	0.172	-0.143	0.041	0.428**					

照度	0.065	0.000	0.592**	-0.137	0.290*	0.478**	-0.327**	0.298*	0.498**	0.503**				
細菌	-0.116	0.448**	0.394**	0.121	0.289*	0.300*	-0.119	0.110	0.122	0.197	0.198			
真菌	0.148	0.470**	0.135	-0.105	0.012	-0.004	-0.085	0.200	0.234	0.101	0.171	0.345**		
產氣單胞菌	0.005	0.172	0.173	0.073	0.217	0.196	-0.112	0.095	0.043	0.113	0.073	0.786**	0.050	
黴菌	-0.153	-0.342**	-0.018	0.138	0.061	0.045	0.266*	-0.158	-0.033	-0.116	-0.055	-0.125	-0.080	-0.024

** 相關性在 0.01 層級上顯著 (雙尾)。

* 相關性在 0.05 層級上顯著 (雙尾)。

本實驗於感染病房生物氣膠之環境因子相關分析，由表 8 得知人數對照度呈現負相關($p < 0.05$)，可以知道人數越多會影響到照明，使照度下降。

表 8 感染病房生物氣膠之環境因子相關分析

	人數	PM _{2.5}	PM ₁₀	TSP	風速	溫度	CO ₂	濕度	照度	細菌	真菌
PM _{2.5}	0.065										
PM ₁₀	-0.212	0.719									
TSP	-0.242	0.468	0.879**								
風速	0.796*	0.561	0.083	-0.077							
溫度	0.065	-0.436	-0.137	-0.147	-0.241						
CO ₂	0.567	0.121	0.139	0.414	0.375	-0.258					
濕度	-0.468	0.086	0.096	-0.247	-0.402	0.234	-0.733				
照度	-0.819*	-0.276	0.147	0.073	-0.747	0.238	-0.772*	0.543			
細菌	0.067	-0.088	0.398	0.723	-0.080	0.269	0.572	-0.625	-0.077		
真菌	0.645	0.152	-0.127	-0.007	0.734	-0.452	0.543	-0.839*	-0.617	0.201	
黴菌	0.038	-0.285	-0.057	-0.239	-0.344	0.385	-0.194	0.660	0.200	-0.300	-0.620

** 相關性在 0.01 層級上顯著 (雙尾)。

* 相關性在 0.05 層級上顯著 (雙尾)。

本實驗於非感染病房生物氣膠之環境因子相關分析，由表 9 得知

- (1) 溫度對產氣單胞菌之正相關性($p < 0.01$)，可以知道溫度的升高會使產氣單胞菌量提高，雖然從我們菌種鑑定後發現，大部分都是假單胞菌，而非真的產氣單胞菌。
- (2) 濕度與真菌呈現正相關之相關性($p < 0.01$)，代表著隨著濕度增加，亦會增加真菌的數量。

表 9 非感染病房生物氣膠之環境因子相關分析

	人數	PM _{2.5}	PM ₁₀	TSP	風速	溫度	CO ₂	濕度	細菌	真菌
PM _{2.5}	-0.227									
PM ₁₀	0.097	-0.139								

TSP	0.494	-0.567	0.646						
風速	0.285	0.283	-0.619	-0.621					
溫度	0.452	0.146	-0.043	0.182	0.366				
CO ₂	-0.269	0.026	0.106	0.102	-0.655	-0.720			
濕度	-0.092	0.635	-0.174	-0.531	0.658	0.592	-0.735		
細菌	-0.874*	0.550	0.039	-0.487	-0.294	-0.255	0.330	0.241	
真菌	-0.278	0.760*	-0.203	-0.497	0.437	0.471	-0.508	0.899**	0.407
產氣單胞菌	0.556	0.040	0.129	0.480	0.059	0.925**	-0.456	0.291	-0.319

*. 相關性在 0.05 層級上顯著（雙尾）。

**. 相關性在 0.01 層級上顯著（雙尾）。

暑假非生物表面與消毒劑之相關分析，由表 10 得知

- (1) 總菌落數對大腸桿菌與產氣單胞菌均呈現正相關($p < 0.01$)，表示總菌落數增加，會帶動大腸桿菌與產氣單胞菌也會跟著增加。
- (2) 次氯酸水之消毒時間與大腸桿菌呈負相關，說明隨著消毒劑時間增加大腸桿菌則會減少。

表 10 暑假非生物表面與消毒劑之相關分析

項目	暑假非生物背景		消毒劑					
			二氧化氯			次氯酸水		
	總菌落數	大腸桿菌	消毒時間	總菌落數	大腸桿菌	消毒時間	總菌落數	大腸桿菌
總菌落數	-		0.044			-0.003		
大腸桿菌	-0.021		0.032	.557**		-0.069*	.485**	
產氣單胞菌	.455**	-0.013	0.029	.164**	0.091	-0.035	.241**	-0.003

*. 相關性在 0.05 層級上顯著（雙尾）。

**. 相關性在 0.01 層級上顯著（雙尾）。

寒假非生物表面與消毒劑之相關分析，由表 11 得知

- (1) 二氧化氯之總菌落數與大腸桿菌之關聯性($p < 0.01$)，說明總菌落數影響則有顯著差異大腸桿菌的變化為正相關。
- (2) 次氯酸水之消毒時間對總菌落數與大腸桿菌呈現負相關，代表著消毒時間的增加可以有效的降低在非生物表面體的總菌落數與大腸桿菌。

表 11 寒假非生物表面與消毒劑之相關分析

項目	寒假非生物背景		消毒劑					
			二氧化氯			次氯酸水		
	總菌落數	大腸桿菌	消毒時間	總菌落數	大腸桿菌	消毒時間	總菌落數	大腸桿菌
總菌落數	-		0.029			-0.003		
大腸桿菌	-0.108	-	-0.08	.573**		-0.021	0.027	
產氣單胞菌	-		-0.014	-0.001	-0.005	.127*	.146**	-0.013

*. 相關性在 0.05 層級上顯著 (雙尾)。

** . 相關性在 0.01 層級上顯著 (雙尾)。

5. 菌種鑑定之結果

編號	<i>rpoD</i> 定序結果 (%)	菌種	CFU (%)
1	<i>Pseudomonas stutzeri</i> 99.9% (782/783)	假單胞菌	64.13
2	<i>Proteus mirabilis</i> 80.9% (161/199)	奇異變形桿菌	0.11
3	<i>Pseudomonas mendocina</i> 94.9% (765/806)	假單胞菌門氏菌	0.05
4	<i>Serratia marcescens</i> 91.6% (196/214)	粘質沙雷氏菌	0.19
5	<i>Enterobacter cloacae</i> 98.9% (820/829)	陰溝腸桿菌	0.24
6	<i>Pseudomonas rhodesiae</i> 99.0% (787/795)	羅氏假單胞菌	18.89
7	<i>Pseudomonas stutzeri</i> 100% (690/690)	施氏假單胞菌	12.17
8	<i>Pseudomonas putida</i> 99.5% (819/823)	戀臭假單胞菌	3.97
9	<i>Pseudomonas putida</i> 98.6% (820/832)	克雷伯菌	1.11
10	<i>Enterobacter xiangfangensis</i> 99.2% (822/829)	腸桿菌	1.4
11	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> 98.9% (826/835)	綠膿桿菌	2.13

1. 假單胞菌在內科病房區所佔比例 64.13% 則是菌落中之優勢菌種⁽¹⁷⁾。
2. 奇異變形桿菌廣泛存在於水、土壤腐敗的有機物以及人和動物的腸道中，為條件致病菌，多為繼發感染，如慢性中耳炎、創傷感染等，也可引起膀胱炎、嬰兒腹瀉、食物中毒等。變形桿菌屬包括普通變形桿菌、奇異變形桿菌、莫根變形桿菌、雷極變形桿菌和無恆變形桿菌。其中以普通變形桿菌和奇異變形桿菌與臨床關係較密切。特別是奇異變形桿菌可引起敗血症，病死率較高⁽¹⁸⁾。
3. 假單胞菌門氏菌是一種革蘭氏陰性環境細菌，可引起機會性醫院（醫院獲得性）感染，如感染性心內膜炎和脊椎炎，儘管病例非常罕見。它具有潛在的應用生物修復，因為它是能夠降解甲苯⁽¹⁹⁾。
4. 粘質沙雷氏菌又稱靈桿菌，一種產生鮮紅色素的細菌，存在於空氣和水中，可生長在動、植物性食品中。為細菌中最小者，約 0.5×(0.5~1.0) 微米。近球形短桿菌，但形態多樣。粘質沙雷氏菌廣泛分佈於自然界，是水和土壤中的常居菌群，亦是臨床上常見的條件致病菌，在機體免疫功能降低時可引起肺部和尿道感染以及敗血症⁽²⁰⁾。

5. 陰溝腸桿菌廣泛存在於自然界中，在人和動物的糞便水、泥土、植物中均可檢出是腸道正常菌種之一。抗生素的廣泛使用，使陰溝腸桿菌成為醫院感染中重要的病原菌，其引起的細菌感染性疾病，常累及多個器官系統，包括皮膚軟組織感染、泌尿道感染呼吸道感染以及敗血症等⁽²¹⁾。
6. 綠膿桿菌又稱銅綠假單胞菌這是燒傷和感染的最常見原因外耳（外耳炎），是醫療設備（例如，最常見的殖民者導管）。假單胞菌可以被受污染的設備傳播，沒有被適當的清潔或者在醫護人員的手上傳播。假單胞菌能，在罕見的情況下，引起的社區獲得性肺炎，以及呼吸機相關性肺炎，是在幾個研究中分離的最常見的藥物之一。綠膿桿菌是細菌的毒力因子，已知會導致 C 死亡線蟲由氧化應激引起。然而，水楊酸可以抑制綠膿桿菌的產生十分之一的醫院獲得性感染來自假單胞菌屬。囊性纖維化患者也易患肺炎銅綠假單胞菌感染。銅綠假單胞菌也可能是由於缺乏適當的，定期關注水質造成的“熱浴盆疹”（皮炎）的常見原因。由於這些細菌如潮濕的環境，如熱水浴缸和游泳池，可能會導致皮疹或游泳者的耳朵。銅綠假單胞菌通常與涉及穿刺傷口的骨髓炎相關，據信是通過網球鞋中發現的泡沫填充物直接接種銅綠假單胞菌，糖尿病患者風險較高。

(六)結論

1. 由於醫院對於感染區病房與非感染區病房之環境控制良好，因此室內生物氣膠的濃度均不高，均符合環保署室內空氣品質管理法標準。
2. 配膳室與污物室人員的進出頻繁與環境擾動大，故室內生物氣膠的濃度常有超過室內空氣品質管理法標準，因此，利用當日單次投藥消毒法、批次投藥消毒法及連續投藥消毒法以噴灑的方式將二氧化氯均勻擴散於室內各角落達殺菌效果。
3. 配膳室與污物室以 0.3 mg/m^3 氣體二氧化氯及次氯酸水消毒劑進行消毒，其室內真菌濃度皆能有效控制，但室內細菌濃度在未消毒時即已超出 1500CFU/m^3 ，當消毒進行時皆能看出投藥後細菌濃度即會下降，但因為人員的進出與環境擾動大而造成消毒劑的藥效無法持久。
4. 對配膳室與污物室提供適用之二氧化氯及次氯酸水有效散播模式與有效消毒濃度，以供未來室內空氣消毒之重要參考。
5. 水龍頭是接觸人群最雜也是最頻繁的媒介，且清潔最常被忽略，即使清潔而未消毒，也容易造成環境微生物污染而有健康之疑慮，因此消毒是必要的手段。
6. 次氯酸水消毒劑應用於非生物性物體表面，能對表面進行持續消毒殺菌作用，比較 5 秒鐘、30 秒鐘、1 分鐘、2 分鐘、5 分鐘，消毒時間在 5 秒鐘時消毒效果達到最佳。

(七)參考文獻

1. 孫漢興，護理行為影響醫院內科病房空氣品質之關聯性探討以中部地區區域醫院為例，雲林科技大學空間設計系碩士論文，2004。
2. 行政院環境保護署，空氣品質指引，2008。
3. 李萬成，某醫院室內空氣品質評估，台北醫學院公共衛生研究所碩士論文，1999。
4. Jaakkola MS, Yang L, Jeromnimon A, and Jaakkola JJK, Office work exposures and respiratory and sick building syndrome symptoms, *Occupational and Environmental Medicine*, 64(3), 178-184, 2007.
5. 林靜華，醫學中心之室內空氣品質管理現況探討，臺北科技大學環境規劃與管理研究所碩士論文，2007。
6. 行政院環保署相關法規及規範，(搜尋日期 2016/01/30)
<http://iaq.epa.gov.tw/indoorair/index.html>
7. 張靜文，空氣中生物性危害與呼吸防護(下)，*北市衛生*，46，19-22，1999。
8. 行政院環境保護署，室內空氣品質資訊網(搜尋日期 2016/01/30)
<http://iaq.epa.gov.tw/indoorair/index.html>
9. 中央研究院總務組環安衛小組，法規宣導，「室內空氣品質監測，二氧化碳濃度不得逾 1000ppm」
http://www.petline.com.tw/pet_know/list.php?m=list-1
(搜尋日期 2016/01/30)
10. 林世賢，聯盟環境保護基金會(彰化醫界聯盟)，PM_{2.5} 要命!認識懸浮微粒，
<http://www.huf.org.tw/essay/content/5812011>，2011。(搜尋日期 2016/01/30)
11. 陳建文、蔡晨波，滅菌、消毒與抗菌技術，中國：化學工業出版社，2004。
12. Franke DL, Cole EC, Leese KE, Cleaning for improved indoor air quality and initial assessment of effectiveness, *Indoor Air*, 7(1), 41-54, 1997.
13. Southwell B, The use of chlorine dioxide as a mold treatment and its effect on paper acidity: A case study, *The journal of academic librarianship*, 28(6), 400-405, 2002.
14. USEPA Dioxin Workshop, November 1996, Summary.
15. 孫芳豔，微酸性電解水的臨床應用與進展上海護理，11(2)，66-69，2011。
16. Hsu CS, Lu MC and Huang DJ, Disinfection of indoor air microorganisms in stack room of university library using gaseous chlorine dioxide, *Environmental Monitoring and Assessment*, 187 (2), 17-28, 2015.
17. https://en.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas_stutzeri
18. https://en.wikipedia.org/wiki/Proteus_mirabilis
19. https://en.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas_mendocina
20. <http://www.twword.com/wiki/%E7%B2%98%E8%B3%AA%E6%B2%99%E9%9B%B7%E6%B0%8F%E8%8F%8C>
21. <http://www.twwiki.com/wiki/%E9%99%B0%E6%BA%9D%E8%85%B8%E6%A1%BF%E8%8F%8C>

22. https://en.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas_aeruginosa