

科技部補助
大專學生研究計畫研究成果報告

計 畫 名 稱	: 應用不同氣霧裝置於消毒通道之研究
------------	--------------------

執行計畫學生：張文倩
學生計畫編號：MOST 106-2813-C-041-001-E
研究期間：106年07月01日至107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 107年03月28日

應用不同氣霧裝置於消毒通道之研究

(一)摘要

現今因科技的進步及氣候變遷，造成細菌及病毒傳染快速且容易，近幾年有許多的人因為傳染病毒之疾病而死亡，如SARS、腸病毒、禽流感(H6N1)以及現在最為嚴重之新流感(H1N1、H3N2)，而這些疾病大部份經由接觸傳染，在公共場所容易傳播擴散，再加上氣候變遷，易使傳染疾病在人群中甚至跨物種的傳染及流行。若在公共場合等人群聚集的地方發生及傳播疾病及細菌，同時也成為病源聚集的地方，尤以醫院等室內場所一旦發生流行疾病地傳播，時常造成交叉傳染。因此做好公共環境的衛生成了非常重要的一環。

本研究利用市面上常見的消毒劑應用於不會沾濕衣物之消毒氣霧與噴霧塗覆消毒劑的消毒方式，執行人員體表與衣物的快速消毒。研究中先後從五個方面來進行：(1)將不同消毒劑應用於消毒通道(超音波震盪氣霧方式及高壓幫浦強力氣霧方式)進行消毒殺菌，(2)受測者皮膚表面與衣服表面微生物培養與分析，(3)不同消毒劑應用於消毒通道裝置之殺菌效率評估，(4)不同濃度之消毒劑應用於消毒通道裝置消毒效能之比較，及(5)建立超音波震盪氣霧方式及高壓幫浦強力氣霧方式於消毒通道裝置之消毒操作條件。本研究進行皮膚表面與衣服表面微生物密度檢測，對皮膚表面與衣服之表面進行微生物現況之調查進行探討，並透過消毒通道之消毒方式進行消毒滅菌效能評估，驗證其消毒通道滅菌效能。結果顯示，鋅系與二氧化氯消毒劑應用於皮膚與工作服表面均有消毒殺菌效果；兩種不同濃度消毒劑應用於超音波震盪氣霧裝置與高壓幫浦強力氣霧裝置皆有消毒效果，依總消毒殺菌率來看，50 mg/L 二氧化氯消毒劑應用於超音波震盪氣霧裝置與高壓幫浦強力氣霧裝置消毒效果皆能達 99.9%；6 mg/L 鋅系消毒劑消毒鋅系應用於超音波震盪殺菌氣霧裝置消毒劑效能較二氧化氯消毒劑效能略差，其應用於高壓幫浦強力氣霧裝置效能最佳且比 50 mg/L 二氧化氯消毒效能好。兩種自動氣霧消毒裝置之使用皆有消毒效能，但超音波震盪殺菌氣霧裝置較高壓幫浦強力氣霧裝置具有機動性及便利性，也可獲致良好效果且較符合經濟效益。

關鍵字：消毒、消毒通道、超音波震盪氣霧方式、高壓幫浦強力氣霧方式

(二)研究動機與研究問題

由於人類生產方式與生活方式的改變，導致全球性氣候變暖以及極端的天氣事件之發生，強烈破壞生態平衡，導致爆發疫情，也助長了傳染病之流行。新興與再浮現傳染病強烈受到氣溫與環境因素影響。尤其是病媒疾病及腸道疾病的病原體對於氣溫與環境因子敏感度更高(陳國東，2010)。且加上科技的進步，病毒及細菌等可隨著人們或其他動物傳染到各地，造成人類感染甚至死

亡。

隨著全球氣候變遷可能直接或間接的衝擊人類生存條件以及健康，其中氣候因子的改變可能會影響自然生態與環境中動、植物及微生物之繁衍生長情形、分佈及傳染途徑，傳染病的流行模式可能有所改變。而台灣地處亞熱帶海島型氣候，整年高溫高濕，環境便形成易滋生生物性污染物之溫床(李顯智等，2010)，再加上氣候變遷，易使傳染疾病在人群中甚至跨物種的傳染及流行。若在公共場合等人群聚集的地方發生及傳播疾病及細菌，同時也成為病源聚集的地方，尤以醫院等室內場所一旦發生流行疾病地傳播，時常造成交叉傳染。同時人們時常待在密閉的空間，其在密閉的建築物內，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室內空氣污染物對人體健康影響應當受到重視，有效改善室內空氣品質，方能維護人體健康。由於空氣具有高度之擴散性及流動性，場所中的空氣可能存在著許多對人體健康有害的物質，懸浮於空氣中的微生物即是其中之一，簡稱為生物性氣膠(bioaerosols)。生物性氣膠包括了懸浮在空氣中之生命體，如：細菌、黴菌，以及那些經由生命體釋放至空氣中的粒子或揮發性氣體，如孢子、花粉、生物毒素(toxins)等(Jaremków et al., 2017; Jahangiri et al., 2015; Kindzierski et al., 2015)，因此要採取預防性的日常消毒措施。

現今國際間所用於生化疫病災害搶救後的人員消毒，均使用清水與消毒劑的混合溶液，對救災人員進行消毒沖洗，但是人員進入消毒室前必須先除去所有衣物，所以常常造成人員進行消毒的時間過長，嚴重耽誤人員的除污(Decontamination)作業，尤其當人員數量一多，整體消毒的時間便會拖長，甚至影響到救災人員行動的急迫性。然而，目前市面上既有之人員消毒裝置，皆使用消毒液體沖洗人員身體，進入消毒室前均必須脫去所有衣物，現今有氣霧式消毒裝置是使用不會沾濕衣物之消毒氣霧與噴霧塗覆抗菌劑的消毒方式，執行人員體表與衣物的快速消毒。利用氣霧式消毒裝置可於門口、出口處等周圍或通道處使用，將該噴頭設於門口、出口處等周圍或通道處，啟動開關可設為觸控、感應開關或定時開關，開關被啟動時隨之將霧化後消毒劑經由噴頭之開口噴灑出，利用不沾濕的氣洗吹拂方式，散播於被消毒物上，對於進出之人員則能在不需除去衣物的情況下，即能執行快速消毒、殺菌與除黴的動作，而達到長效抗菌、減少致病菌的傳播。其中殺菌劑以目前所出現過的消毒劑已證實具有有效消毒殺菌能力的消毒劑，如：含氯消毒劑(次氯酸鈉等)、過氧乙酸、戊二醛、臭氧等，已被證明具有消毒殺菌的能力，但含氯消毒劑腐蝕性強，汙染水體，可形成潛在致癌性物質；過氧乙酸不穩定，且刺激性強；戊二醛有致畸、致突變的潛在危險，對呼吸道和皮膚還有刺激性和致敏作用(Taylor EW., 1993)。因此，本研究選用二氧化氯、無機抗菌劑(鋅系抗菌劑，以下稱鋅系)等常見消毒劑進行消毒劑。

經美國環保署(US.EPA.)與美國健康人類服務部門(US HHS)的研究證實，二氧化氯在人體中並無致癌性與累積性，並易於人體代謝排泄(USEPA, 1996;

Hoigne et al., 1994; Tratnyet et al., 1994)。在 12 星期 5 mg/L 的二氧化氯接觸下是不會有任何影響的，此因動物屬於多細胞，酶系統在細胞內比較不易被破壞之故(Hoigne et al., 1994; Tratnyet et al., 1994)。除此之外，根據 2002 年美國健康人類服務部門 (US HHS) 所提出的『二氧化氯與氯酸鹽毒物學剖析報告』中指出(USEPA, 1996)，目前為止並沒有任何毒理研究顯示口服二氧化氯能導致人類致死或致癌，也沒有報告顯示人類皮膚接觸二氧化氯會致癌及致死，因此它目前被認為是比氯氣更安全的消毒劑(Otaga et al., 2016)。氣態二氧化氯具有好的擴散性、穿透性、使用均勻性，將氣態二氧化氯用於較大空間環境的空氣消毒可以實現對空氣和物體表面全方位的消毒。

無機抗菌劑，可分為光觸媒類型之二氧化鈦、氧化鋅等，及傳統銀系抗菌劑。光觸媒類型殺菌劑為被動式殺菌機制，需受陽光或紫外線照射方具有滅菌效果。相對的，金屬離子系抗菌劑則是主動的與細菌中的酵素作用，或是破壞細胞壁等機制以達到抗菌作用。因此，各類抗菌劑各有特點，同時都有各自適合應用的領域(Maxwell.A., 1997)。目前應用最廣泛的是具有耐熱性好、抗菌譜廣、有緩釋功能、有效期限長的無機抗菌劑因而備受重視視(Xie et al., 2011; Hackenberg et al., 2013)。新型鋅系抗菌劑亦是一種安全、不產生致癌物的無機抗菌殺菌消毒劑，它具有耐熱性好、抗菌譜廣、穩定、高效殺菌的特點，能快速徹底消毒，且不產生抗藥性，此種殺菌粒子，可有效進行抑制害菌在產品表面滋長，達到其抗菌目的之永久性抗菌材料(Dimapilis et al., 2017)，以下簡稱「鋅系抗菌劑」。

本研究應用二氧化氯及鋅系抗菌消毒劑以超音波震盪氣霧方式及高壓幫浦強力氣霧方式氣霧在消毒通道進行消毒效能評估，提供適用之消毒劑氣霧散播模式與有效消毒濃度，對皮膚表面與衣服之表面進行微生物現況之調查進行探討，了解消毒通道微生物污染程度之關係。

(三)文獻回顧與探討

在公共場合等人群聚集的地方發生及傳播疾病及細菌，同時也成為病源聚集的地方，尤以醫院等室內場所一旦發生流行疾病地傳播，時常造成交叉傳染。而現今因科技的進步及氣候變遷，造成細菌及病毒傳染快速且容易，近幾年有許多人因為傳染病毒之疾病而死亡，如 SARS、腸病毒、禽流感(H6N1)以及現在最為嚴重之新流感(H1N1、H3N2)，而這些疾病大部份經由接觸傳染，在公共場所容易傳播擴散，這些疾病引起人們極大的關注。如果沒有做好日常消毒，可能造成傳染疾病擴散等疫情，危害到我們人體健康，甚至造成死亡等，因此要採取預防性的日常消毒措施。

研究中所使用的消毒劑為二氧化氯、無機抗菌劑(鋅系抗菌劑)等常見消毒劑進行消毒效能評估。其中二氧化氯是一種國際公認的高效、普遍、無殘留、使用方便的消毒劑，被譽為第四代消毒劑。二氧化氯是一種強氧化劑(其相對氧化含量是氯氣的 2.6 倍，次氯酸鈉的 2.0 倍，雙氧水的 1.3 倍)，具有高效消毒與殺菌等作用，氣態易溶於水、穩定性高、無爆炸性，無腐蝕性等特性，且不產生抗

藥性等優點，故被稱為『綠色消毒劑』(薛廣波，2002)，且二氧化氯是一種相當小、具揮發性與高能量的分子，並且即使在水溶液中能具有一個自由基。在高濃度時，它能夠和還原物作劇烈反應，然而它在水溶液內且在密閉不受光的容器中相當安定，由於它是單電子的轉移系統，經由還原而形成亞氯酸根(ClO_2^-)，因此二氧化氯可謂是一種相當有效率的氧化物(ATSDR，2002)；無機抗菌劑(鋅系抗菌劑)為一種安全、不產生致癌物的無機抗菌殺菌消毒劑，它具有耐熱性好、抗菌譜廣、有效期限長、穩定、高效殺菌的特點，能快速徹底殺死許多細菌、病毒和真菌，且不產生抗藥性，各項性能都優於目前市場上其他消毒殺菌劑(耿亮等，2006)。隨著科技的進步及人民生活水平的提高，疾病的傳播也更加容易，對於醫院等民眾眾多的公共場合的衛生消毒是一大考驗。

本研究應用不同消毒劑以超音波震盪殺菌氣霧方式及高壓幫浦強力殺菌氣霧方式應用於消毒通道進行消毒效能評估，提供適用之消毒劑氣霧散播模式與有效消毒濃度，對皮膚表面與衣服之表面進行微生物現況之調查進行探討，了解兩種氣霧消毒方式應用於消毒通道對微生物殺菌程度之關係。

(四)研究方法及步驟

本計畫以消毒通道為試驗場所，利用皮膚表面與衣服表面微生物密度檢測，定量分析消毒通道環境中微生物含量。得知測試區域之微生物污染情形之後，再使用二氧化氯、無機抗菌劑(鋅系抗菌劑)等常見消毒劑溶液對於消毒通道空間以超音波震盪氣霧方式、高壓幫浦強力氣霧方式進行殺菌消毒，並探討消毒時間對環境生物性污染物存活之影響及殺菌效果，以此消毒通道進行預防性消毒改善環境品質之參考及提供兩種不同氣霧方式之最佳操作參數。

如下圖 1 與圖 2 為研究流程與實驗架構圖，其主要工作簡述如下：

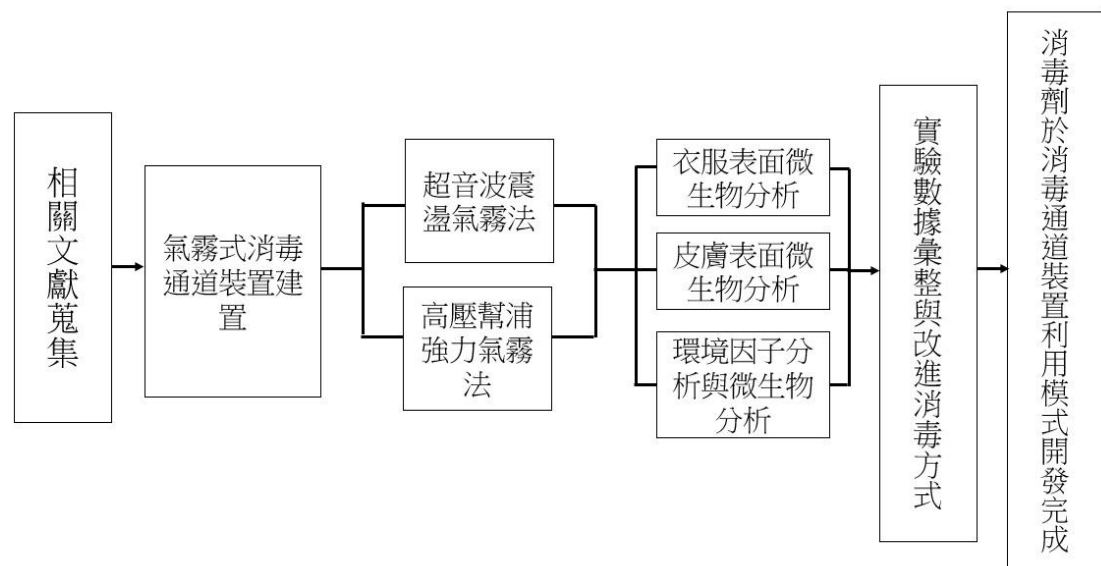


圖 1 研究流程

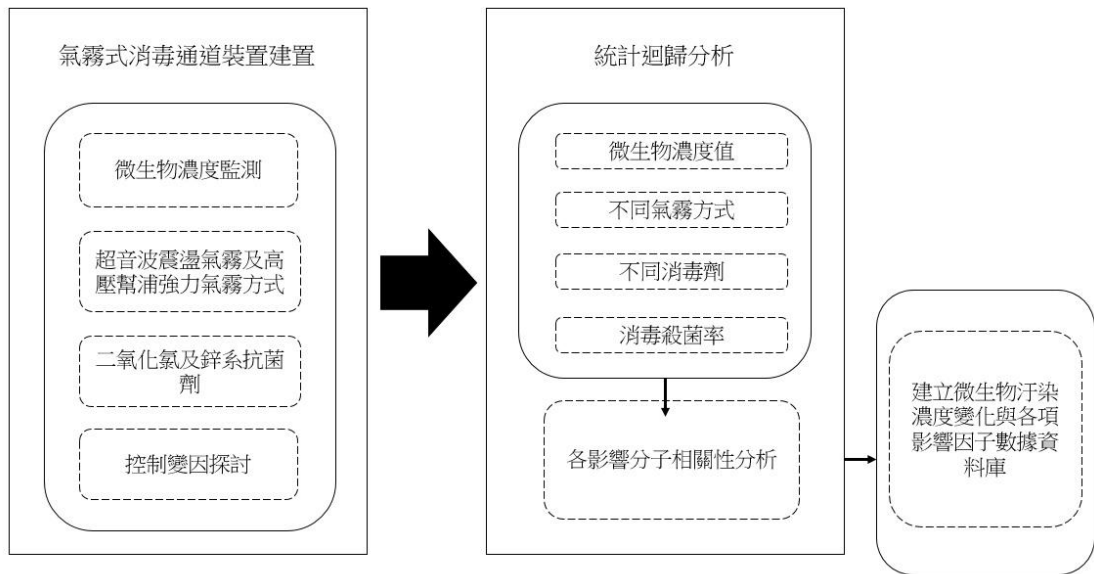


圖 2 實驗架構

基於前述之研究方法，本研究之進行步驟其細節分別說明之：

應用自動殺菌氣霧裝置，可以被設置於通道、門口周圍亦可與空氣簾結合使用或結合通道使用，裝置包含一內部界定出一安裝空間的座體、一與該座體連通的氣流導管以及設於該安裝空間的儲液單元、氣流推送單元以及水霧產生器。該儲液單元，包括一用以盛裝殺菌劑的容器，該氣流推送單元，位在該儲液容器上方，該水霧產生器，可受控地作用該殺菌劑，該氣流導管包括複數可拆卸地連接在一起的管體以及複數設於各該管體的氣嘴。水霧產生器分別藉由超音波震盪及高壓幫浦加壓霧化兩種方式作用該殺菌劑使其呈水霧狀，並由氣流推送單元作動所形成的氣流導引水霧狀的殺菌劑朝氣流導管的氣嘴噴出，以對人體或空間進行噴灑消毒，令其易於散播於空氣中或均勻的散播於被消毒物表面。

1. 實驗環境測定點規劃

- (1) 活動場所之設定：自動殺菌氣霧裝置可於門口周圍或與自動門或與空氣簾結合使用或結合通道使用，本研究是結合通道使用。研究中，依工作人員穿著工作衣，進行衣服與人體皮膚進行擦拭，以 $1*1\text{cm}^2$ 標準規格板在頭部距離消毒氣霧通道之頂端約 46cm 及距離肩部約 76cm 的工作服表面與人體皮膚表面預先畫好採樣方格，對照組與消毒組方格應在鄰近的位置，以便使兩者受細菌污染情形可能一致。用無菌棉花棒沾取擦拭液和中和劑的混合液，在對照方格內來回均勻擦拭採樣後將擦拭後棉花棒放入試管內，使用振盪器將棉棒上的細菌溶於液體中，而後接種在總菌落數培養基上，並以 $35\pm 5^\circ\text{C}$ 培養 48 小時進行計數。消毒方格則將一定濃度的消毒殺菌劑液噴霧後，經預定消毒時間採樣，採樣方法同對照組。
- (2) 消毒氣霧噴灑劑量與時間：高壓幫浦加壓霧化方式之消毒氣霧一噴灑點

以每分鐘 70 毫升的速率、一噴灑點每秒約 1.17 毫升、噴灑 3 秒、七個噴灑點共耗費 24.57 毫升；超音波震盪霧化方式之消毒氣霧噴灑以每分鐘 50 毫升的速率、每秒約 0.84 毫升、噴灑 30 秒、兩台氣霧裝置共耗費 50.4 毫升。

- (3) 測定採樣時間：消毒氣霧噴灑後在 20 秒、60 秒、5 分鐘消毒反應時間進行採樣，微生物經培養後，將得到工作服與皮膚表面微生物密度，即可得知測試區域的微生物污染程度。

2. 實驗消毒方式規劃

- (1) 消毒殺菌劑配置：選定 30mg/L 及 50mg/L 的二氧化氯及 4 mg/L - 6 mg/L 的鋅系溶液作為實驗場所之消毒殺菌劑。配置消毒溶液對實驗場所空間進行氣霧方式消毒。
- (2) 利用超音波震盪殺菌氣霧裝置以超音波震盪產製出次微米級消毒氣霧與奈米抗菌氣霧(如圖 3)及藉由高壓幫浦強力霧化殺菌氣霧裝置(如圖 4-5)產生氣霧，二種奈米級消毒氣霧方式去除人員身上染菌(或病毒)之微粒或氣膠，並在通道中快速形成奈米等級消毒氣體分子，以接觸消毒與燻蒸方式產生殺菌防黴除臭功能，更在人員通過氣霧式消毒裝置本體時，將奈米抗菌氣霧噴灑塗覆於通過人員之體表與衣物上，將長效的抗菌粒子噴覆在體表與衣物上，延長人員的防菌(抗病毒)能力，使通過人員能不需除去衣物即能執行快速消毒、長效抗菌，有效降低疾病傳染風險。
- (3) 採取衣服表面與皮膚表面各兩點進行實驗組與對照組的採樣並重覆分析(一式三份)，衣服的採樣點分為頭部與肩部處，皮膚表面的採樣點為手臂處，自動殺菌氣霧裝置對於消毒殺菌劑消毒後的影響由微生物採樣分析結果，即可比較出消毒前後之間差異性。
- (4) 經由衣服與皮膚表面採樣培養後的培養基，需置於適當之環境條件下培養，並將衣服與皮膚表面採樣微生物濃度統一換算為 CFU/cm²，以利評估工作服與皮膚表面微生物分佈現況及利用 30~50mg/L 的二氧化氯及 4~6mg/L 的無機抗菌劑為消毒殺菌劑於氣霧式消毒裝置下對衣服與皮膚表面殺菌效率，即可比較評估將 30~50mg/L 二氧化氯及 4 mg/L~6 mg/L 的鋅系溶液應用於氣霧式消毒通道之殺菌效果。

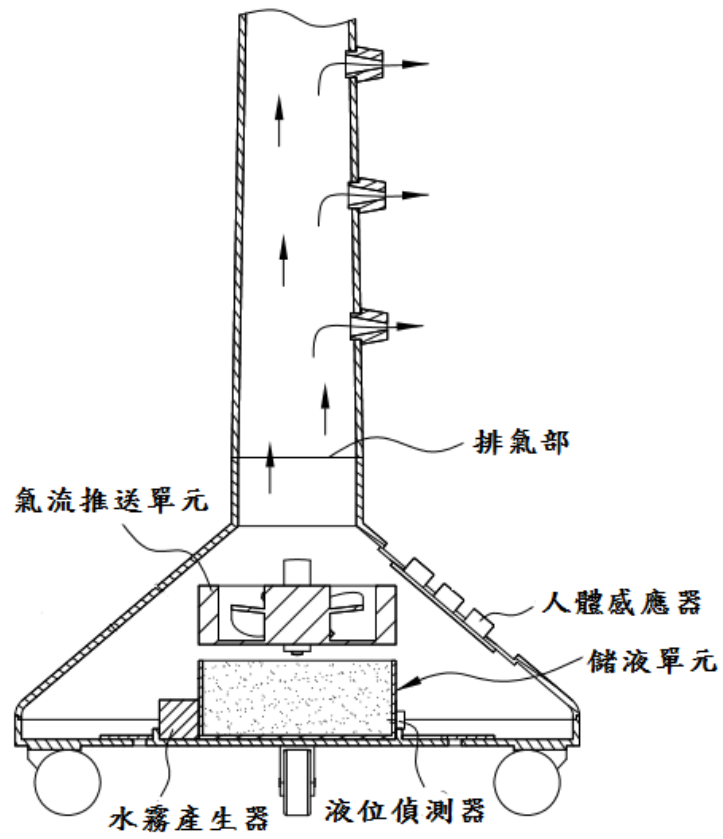


圖 3 超音波震盪殺菌氣霧裝置

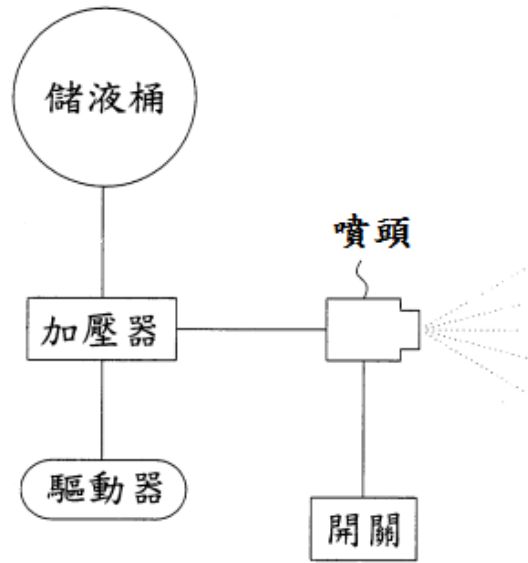


圖 4 高壓幫浦強力霧化殺菌氣霧設計圖

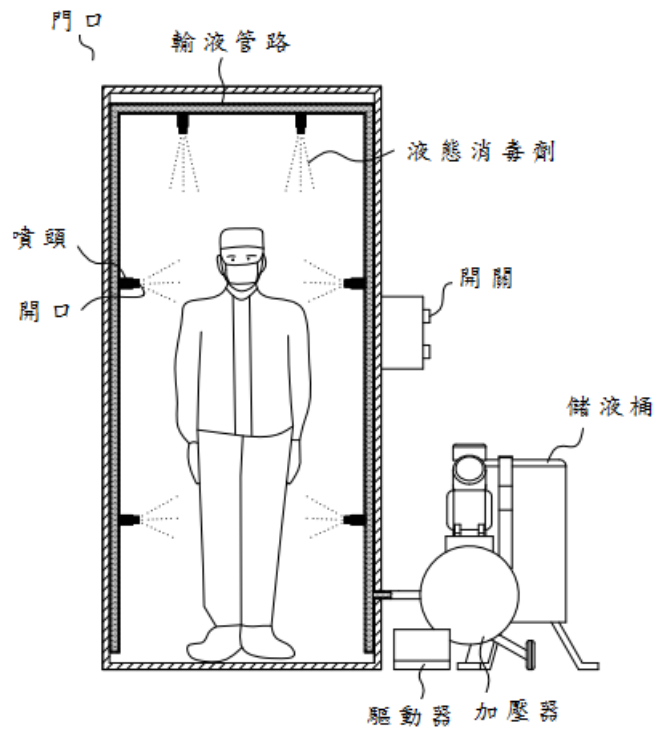


圖 5 高壓幫浦強力霧化殺菌氣霧裝置

(5) 實驗環境參數評估

本研究主要目的為評估應用二氧化氯及鋅系抗菌劑等不同消毒劑在氣霧式消毒除污通道裝置對於直接於工作服與皮膚表面微生物進行消毒處理方面

的效果。其探討的參數包括消毒濃度、消毒劑消毒作用時間、通風有無、氣霧噴頭不同的暴露距離、消毒劑霧化方式及對工作服與皮膚表面微生物含量之影響。

選定消毒劑之釋出濃度，評估不同濃度下對衣服與皮膚表面微生物分佈影響之比較，欲視其差異性有多大。並評估啟動氣霧式消毒除污通道裝置後，約需多少時間方可看見微生物濃度降低的情形。因此，氣霧式消毒裝置氣霧噴灑後在 20 秒、60 秒、300 秒消毒反應時間進行採樣，微生物經培養後，將得到衣服與皮膚表面微生物密度，即可得知測試區域的微生物污染程度。並且經由多次前測試，發現消毒劑一旦釋出於室內環境時，其降解速度極快，於是衍生出有效距離等問題，便測量距含有消毒劑釋出口之距離結果一一比較。

(6) 樣本培養與殺菌效益分析

經由衣服與皮膚表面採樣培養後的培養基，需置於適當之環境條件下培養，並將工作服與皮膚表面採樣微生物濃度統一換算為 CFU/cm²，以利評估工作服與皮膚表面微生物分佈現況及利用消毒劑於氣霧式(超音波震盪殺菌氣霧方式、高壓幫浦強力氣霧殺菌方式)消毒通道裝置下對工作服與皮膚表面殺菌效率，即可比較評估將消毒劑應用於氣霧式(超音波震盪殺菌氣霧方式、高壓幫浦強力氣霧殺菌方式)消毒通道裝置之殺菌效果。根據測試場所內溫、溼度測量情形、受測人員工作服與皮膚表面微生物含量狀況之調查來探討與不同之消毒劑應用於氣霧式(超音波震盪殺菌氣霧方式、高壓幫浦強力氣霧殺菌方式)消毒通道裝置中微生物濃度之相關性。

(7) 消毒劑之運用、各影響因子與微生物污染濃度之相關性比較

利用 SPSS 套裝軟體進行統計分析，以平均數與標準差表示同一測定點及消毒劑釋出口之不同距離或同一消毒劑釋出口之距離及不同測定點的工作服與皮膚表面微生物濃度、相對溼度等數字變項的分布，以百分比描述同一測定點及消毒劑釋出口之不同距離或同一消毒劑釋出口之距離及不同測定點的工作服與皮膚表面微生物濃度與消毒時間等類別變項的分布狀況。以同一測定點在殺菌消毒前與殺菌消毒後的工作服與皮膚表面微生物濃度差異，及殺菌消毒前與殺菌消毒後時間變化的工作服與皮膚表面微生物濃度差異進行成對 *t* 值檢定 (paired *t* test)，以了解應用二氧化氯與鋅系無機抗菌劑於氣霧式(超音波震盪殺菌氣霧方式、高壓幫浦強力氣霧殺菌方式)消毒通道裝置中工作




服與皮膚表面微生物殺菌之效率。此外，將以多元變異數分析(Multi-way ANOVA)評估各項實驗參數對應用二氧化氯與鋅系無機抗菌劑於氣霧式(超音波震盪殺菌氣霧方式、高壓幫浦強力氣霧殺菌方式)消毒通道裝置中衣服與皮膚表面微生物殺菌之影響，達顯著之因素將利用事後檢定(post-hoc comparison)來找出參數各項設定間的差異，以做為衣服與皮膚之表面微生物濃度管制策略之參考。



3. 本實驗所使用之儀器

本實驗所使用之實驗儀器如表 1 所示，以下敘述之：

表 1 研究使用之實驗儀器

儀器名稱	儀器用途	圖
<p>高溫高壓滅菌釜</p>	<p>設定溫度 121°C，壓力 1.1 atm (kg/cm²)，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。</p>	
<p>恆溫烘箱</p>	<p>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。</p>	

<p>攜帶型二氧化氯測定器</p>	<p>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>	
<p>多功能空氣品質偵測器 (Q-TRAKTM 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>超音波震盪殺菌氣霧裝置</p>	<p>超音波震盪霧化方式之消毒氣霧噴灑以每分鐘 50 毫升的速率、每秒約 0.84 毫升。不限制於任何空間場所，可機動式組成一消毒系統，不論室內或室外皆適宜。</p>	

<p>高壓幫浦強力霧化殺菌氣霧裝置</p>	<p>消毒氣霧一噴灑點以每分鐘 70 毫升的速率、一噴灑點每秒約 1.17 毫升、噴灑 3 秒、七個噴灑點共耗費 24.57 毫升、噴霧角度大於 60 度、氣霧微粒小於 20 微米的條件下均勻噴灑在人員身上或直接噴灑在指定消毒的空間</p>	
<p>培養基</p>	<p>採樣後培養皿直接進行培養</p>	

(五)結果與討論

研究中，將 30 mg/L、50 mg/L 的二氧化氯與 4 mg/L~6 mg/L 的鋅系溶液消毒劑應用於自動殺菌氣霧裝置，將殺菌粒子噴覆在體表與衣物上，以達成預期的噴霧形式之消毒效果，結果如下：

1. 高壓幫浦強力霧化殺菌氣霧裝置依不同濃度消毒劑針對四個部位之消毒評估
分別利用 30 mg/L、50 mg/L 的二氧化氯與與 4 mg/L~6 mg/L 的鋅系溶液消毒劑使用高壓幫浦強力霧化至微小液滴，再將已霧化的液滴經由每噴孔直接噴灑在指定位置空間，其消毒實驗結果如圖 6 至圖 9 盒鬚圖(box-and-whisker plot)所示，盒鬚圖是一種用作顯示一組數據分散情況，資料的盒鬚圖中盒子的長度代表內四分位數的範圍，由盒子上下兩端所延伸的線即稱之為鬚

(whisker)，連接資料的最大值與最小值，是用以表示資料的分散情形。因此，本研究將研究結果繪製成盒鬚圖(box-and-whisker plot)。由圖 6 得知，其兩種消毒劑依不同濃度針對工作服表面之頭部，皆具有殺菌效果。由圖 6a 得知，於消毒後 20 秒發現 50 mg/L 的二氧化氯與 5 mg/L、6 mg/L 鋅系殺菌劑消毒後菌落數的盒子較窄，表示其菌落數結果較集中，30 mg/L 的二氧化氯消毒後菌落數的盒子較寬及 4 mg/L 鋅系之鬚相對較長，表示其菌落數結果較分散。觀察發現 6 mg/L 的鋅系殺菌劑在噴灑頭部衣物後的 20 秒、60 秒、300 秒消毒時間消毒效果，隨著接觸時間增加，殘餘菌量逐漸降低，其殺菌效果較佳之消毒劑，由圖 6a 至 6c 依接觸時間可以發現使用鋅系消毒劑的殘菌量為穩定下降，其中於圖 6c 看出 300 秒的接觸時間平均殘菌量偏低，表示殘菌量有明顯減少。由圖 6a 至 6c 發現 50 mg/L 的二氧化氯噴灑後的 20 秒、60 秒、300 秒消毒時間消毒效果，隨著接觸時間增加，殘餘菌量逐漸降低，但數值較為分散沒有 6 mg/L 的鋅系來的穩定。

由圖 7 得知，由兩種殺菌劑依不同濃度對肩部之工作服表面進行消毒，其結果顯示菌量皆有下降，兩種不同濃度的殺菌劑皆有效能，其中由圖 7a 至圖 7c 可發現，經 4 mg/L-5 mg/L 鋅系殺菌劑在 300 秒的接觸時間殘菌量有穩定下降的情況，6 mg/L 鋅系殺菌劑的殺菌效果較前兩者好，於 20 秒接觸時間殘菌量較少且其平均殘菌量都較其他濃度殺菌劑低，且在 300 秒的接觸時間平均殘菌量趨近於最小值，可發現其具有有效長時間維持殺菌能力；30 mg/L 與 50 mg/L 二氧化氯之殺菌效果，隨著消毒時間增加其消毒作用持續對殘餘菌進行有效消毒，達到明顯的下降。

由圖 8 得知，由兩種消毒劑依不同濃度對背部之工作服表面進行消毒，其結果顯示，30 mg/L 氧化氯之殺菌效果，隨著接觸時間增加其消毒作用持續對殘餘菌進行有效消毒，觀察圖 8a 可以發現，50 mg/L 二氧化氯消毒劑在 20 秒的接觸時間，其殘餘菌量之盒子的寬度較窄，可得知其菌量較為密集，且隨著接觸時間增加其消毒作用持續對殘餘菌進行有效消毒；經 4 mg/L - 6 mg/L 鋅系殺菌劑在 300 秒的接觸時間殘菌量有穩定下降的情況，可發現鋅系的殺菌效果較為穩定長效。

由圖 9 得知，由兩種消毒劑依不同濃度對手部之皮膚表面進行消毒，其結果顯示，4 mg/L-6 mg/L 鋅系殺菌劑之殺菌效果，隨著消毒時間增加其消毒作用持續對殘餘菌進行有效消毒，達到明顯的下降，但至消毒後 5 分鐘時殘餘菌之殘留量有增加現象，由於體表之體溫會增加消毒劑的蒸散，導致該濃度之消毒劑雖具有消毒效果，但未能有效的控制殘餘菌之殘留量；30 mg/L 與 50 mg/L 二氧化氯，經消毒時間的延長可以發現其殘菌量有持續下降的情況，由圖 9a 至圖 9c 整體觀察消毒劑對手部皮膚表面之消毒效果以 50 mg/L 二氧化氯效果較為穩定。

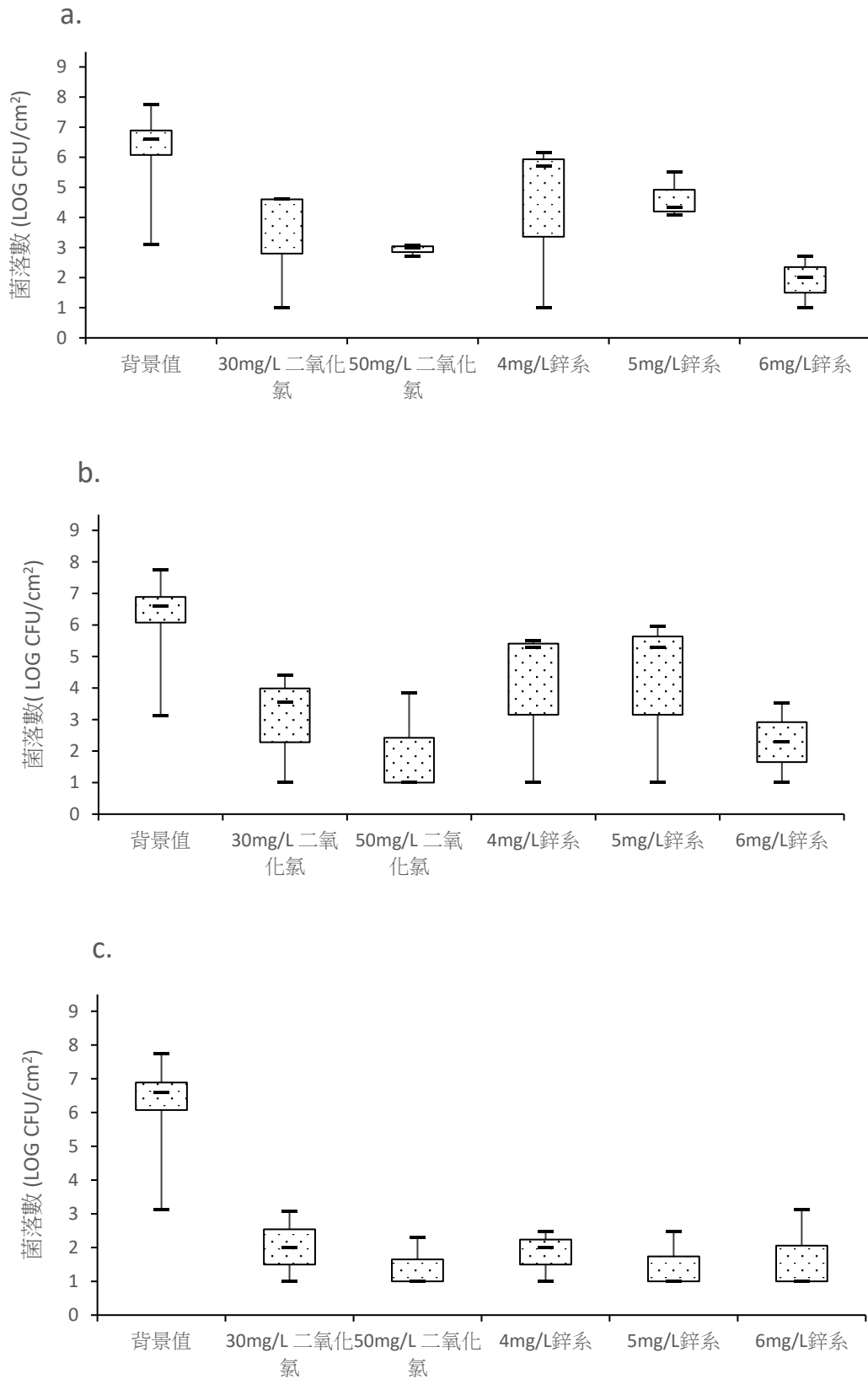


圖 6 消毒劑應用高壓幫浦強力氣霧裝置之頭部殺菌效果(a.接觸時間 20 秒；b.接觸時間 60 秒；c.接觸時間 300 秒)

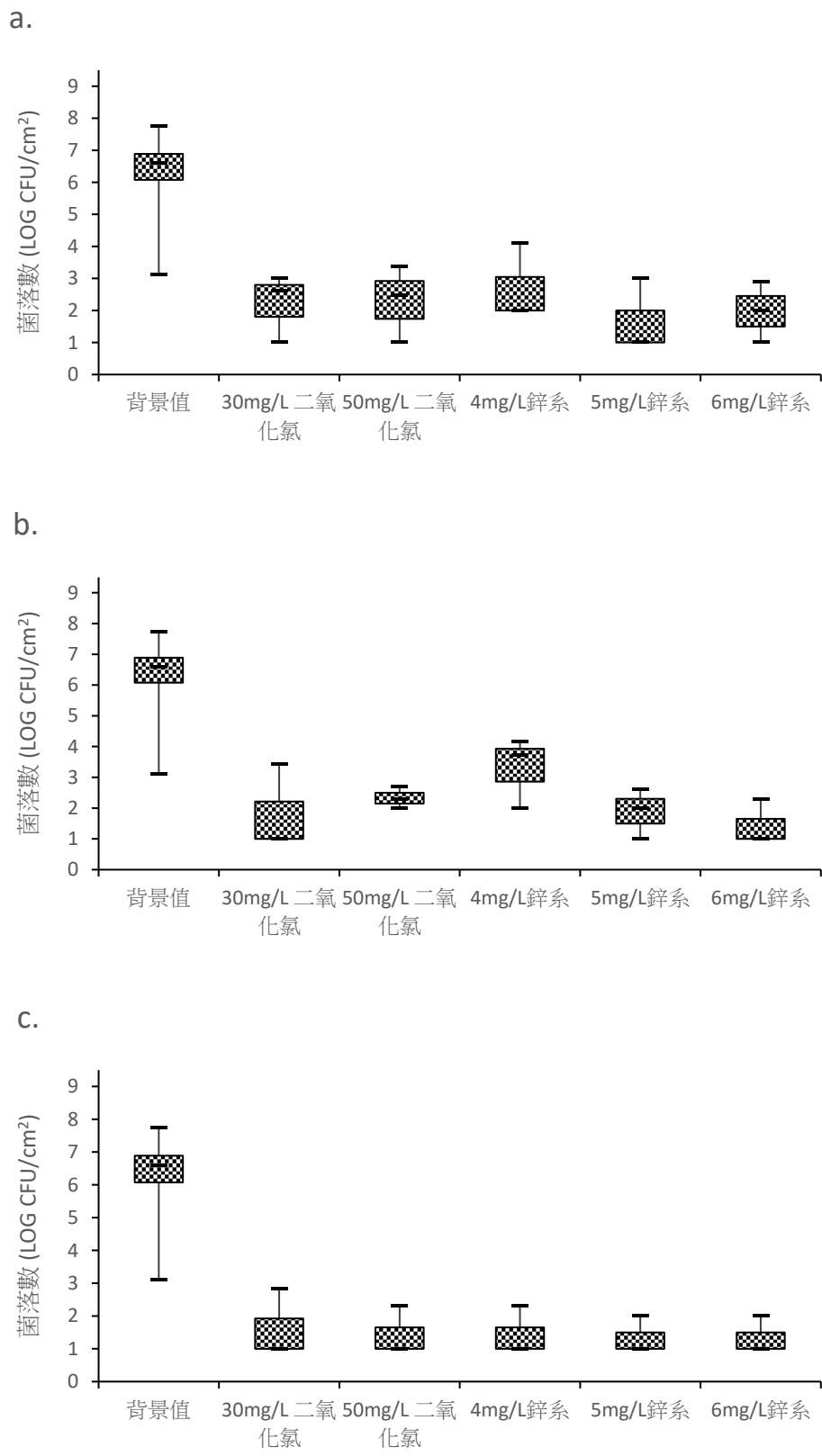


圖 7 消毒劑應用高壓幫浦強力氣霧裝置之肩部殺菌效果(a.接觸時間 20 秒；b.接觸時間 60 秒；c.接觸時間 300 秒)

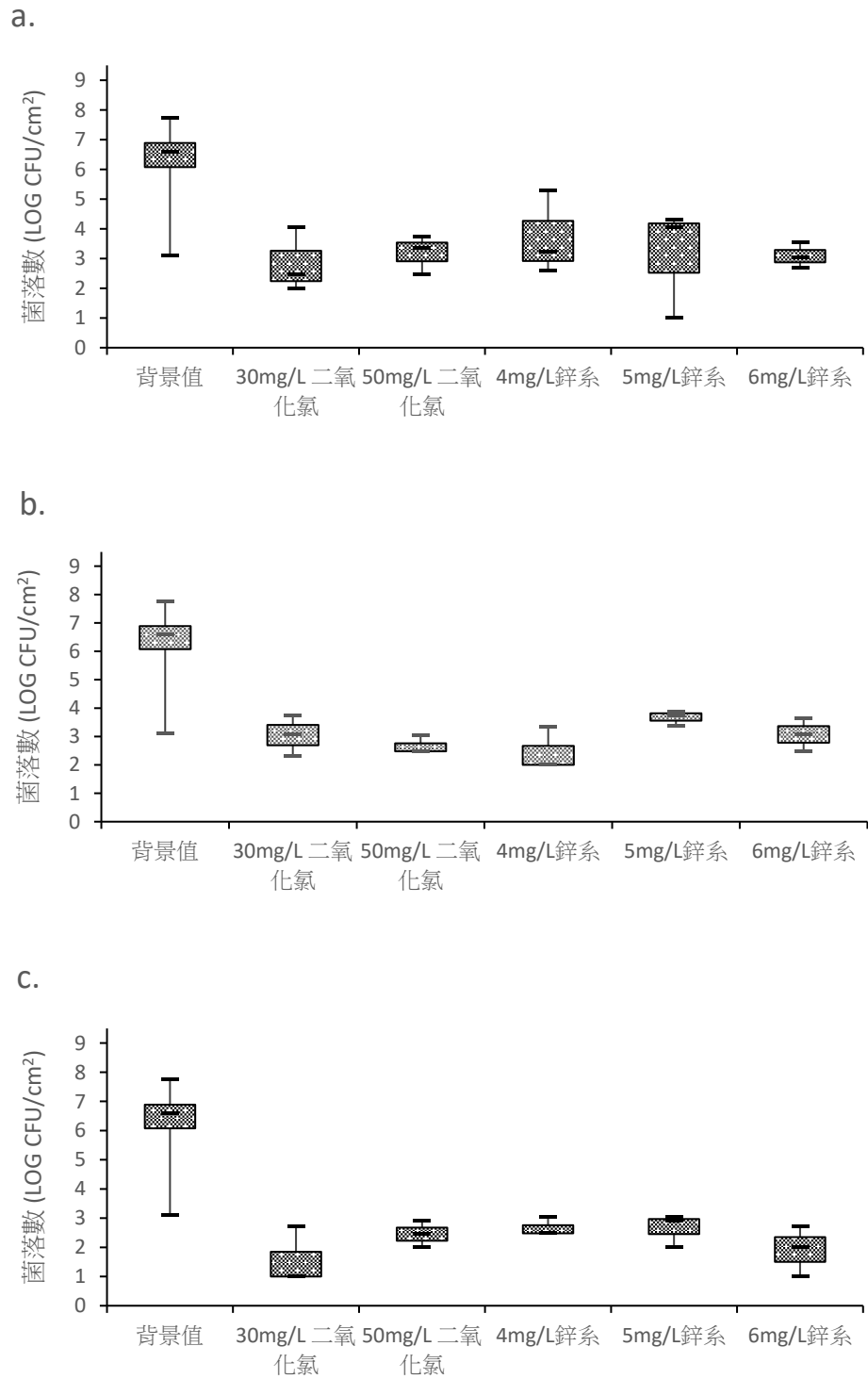


圖 8 消毒劑應用高壓幫浦強力氣霧裝置之背部殺菌效果(a.接觸時間 20 秒；b.接觸時間 60 秒；c.接觸時間 300 秒)

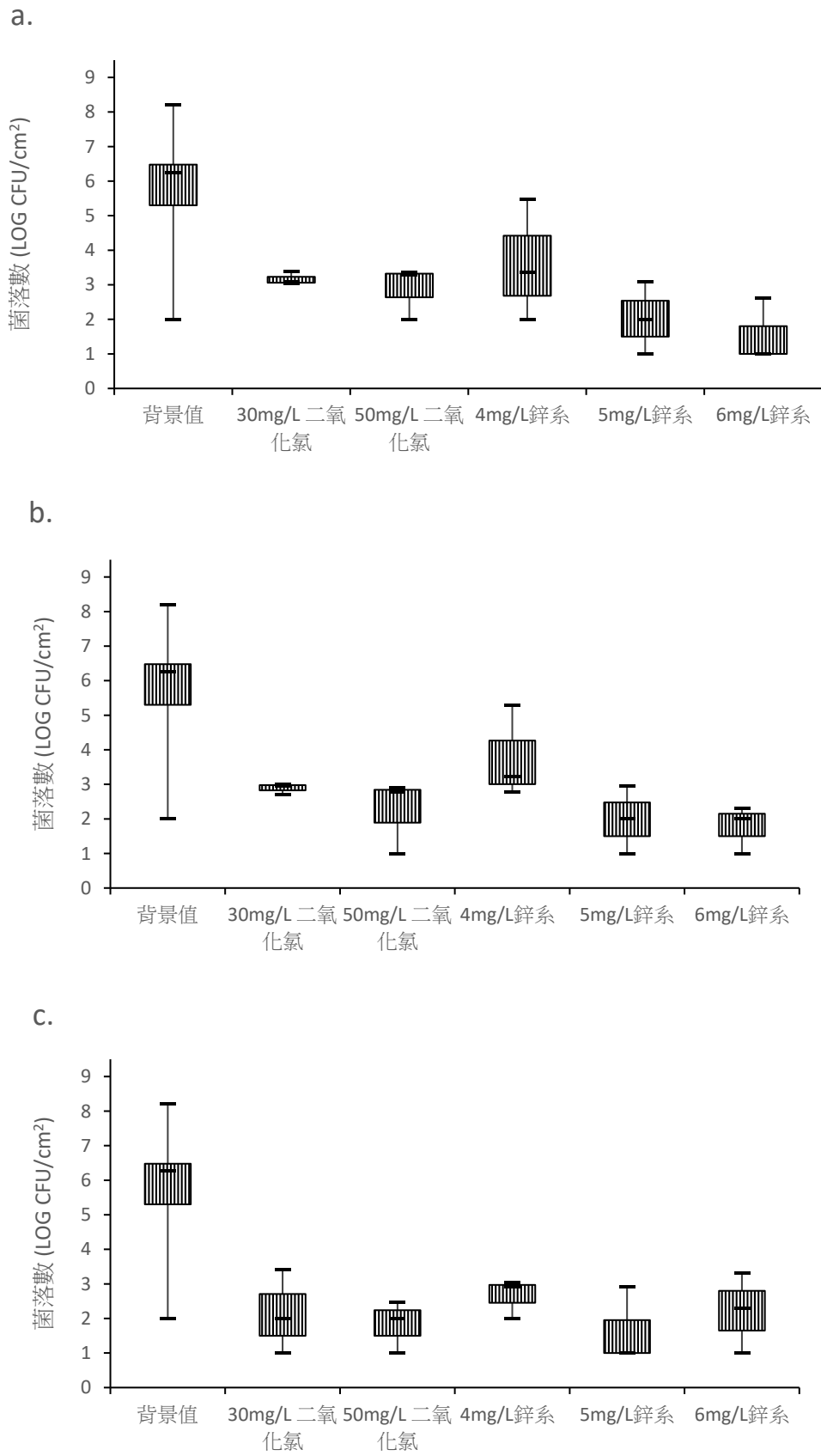


圖 9 消毒劑應用高壓幫浦強力氣霧裝置之手部殺菌效果(a.接觸時間 20 秒；b.接觸時間 60 秒；c.接觸時間 300 秒)

2. 超音波震盪殺菌氣霧裝置依不同濃度消毒劑針對四個部位之消毒評估

分別利用 30 mg/L、50 mg/L 的二氧化氯與與 4 mg/L~6 mg/L 的鋅系溶液消毒劑使用高超音波震盪霧化至微小氣霧，再將已霧化之氣霧經由每噴孔直接噴灑在指定位置空間，其消毒實驗結果如圖 10 至圖 13 盒鬚圖(box-and-whisker plot)所示。

觀察圖 10 發現，其兩種消毒劑依不同濃度針對工作服表面之頭部，皆具有殺菌效果；其中發現 6 mg/L 的鋅系與 50 mg/L 二氧化氯殺菌劑在噴灑頭部衣物後的 20 秒、60 秒、300 秒消毒時間消毒效果，隨著接觸時間增加，殘餘菌量逐漸降低，其殺菌效果較佳之消毒劑。

由圖 11 得知，兩種消毒劑依不同濃度針對工作服表面之肩部，皆有消毒效果；其中鋅系消毒劑在噴灑肩部衣物後隨著接觸時間增加，殘菌量有持續下降。圖中盒子上下界所延伸出的線，即稱之為鬚 (whisker)，是用以連接觀察菌落數的最大值與最小值。由鬚相對長短可知菌落數的分散情形，於圖 11 c 可發現，使用 5 mg/L 鋅系消毒劑接觸 300 秒之平均殘菌量較使用 6 mg/L 鋅系消毒劑接觸 300 秒之平均殘菌量來的少，但 5 mg/L 鋅系消毒劑殘菌量數值較為分散，實際上 6 mg/L 鋅系消毒劑殺菌效果較 5 mg/L 鋅系消毒劑好；觀察圖 11c 可發現，50 mg/L 二氧化氯隨著接觸時間增加，殘菌量有持續下降，但於 300 秒的接觸時間殘菌量較 60 秒的接觸時間來的多，可發現二氧化氯的消毒效能無鋅系來的穩定。

由圖 12 得知，兩種消毒劑依不同濃度針對工作服表面之背部，殘菌量都有下降，因此皆具有消毒效果。由圖 12a 可以發現，50 mg/L 二氧化氯於 20 秒的接觸時間即有明顯效果，但於 300 秒的接觸時間發現 50 mg/L 二氧化氯細菌量之盒子較寬，可發現其數值較為分散且其殺菌效果較不穩定。使用 30mg/L 與 50mg/L 之二氧化氯在噴灑後 20 秒後具有消毒效果，但在消毒後五分鐘，亦有效長時間維持殺菌能力。

由圖 13 得知，由兩種消毒劑依不同濃度對手部之皮膚表面進行消毒，其結果顯示，兩種消毒劑依不同濃度針對手部皮膚表面，皆有消毒效果。30 mg/L 與 50 mg/L 二氧化氯殺菌劑於 20 秒的接觸時間殘菌量即有明顯下降，其中圖 13b - c 可發現於 300 秒的接觸時間使用 30 mg/L 與 50 mg/L 二氧化氯殺菌劑的殘菌量較 20 秒的接觸時間殘菌量之殘留量有增加現象，由於體表之體溫會增加消毒劑的蒸散，導致該濃度之消毒劑雖具有消毒效果，但未能有效的控制殘餘菌之殘留量，無明顯的長效性。4 mg/L~6 mg/L 鋅系殺菌劑在噴灑手部皮膚表面後的 20 秒、60 秒、300 秒消毒時間消毒效果，雖無劇烈變化，隨著接觸時間增加，殘餘菌量逐漸降低，其殺菌效果較佳之消毒劑，其中於圖 13 c 可發現，使用 5 mg/L 鋅系消毒劑接觸 300 秒之平均殘菌量較使用 6 mg/L 鋅系消毒劑接觸 300 秒之平均殘菌量來的少，但 5 mg/L 鋅系消毒劑殘菌量數值較為分散，實際上 6 mg/L 鋅系消毒劑殺菌效果較 5 mg/L 鋅系消毒劑好。

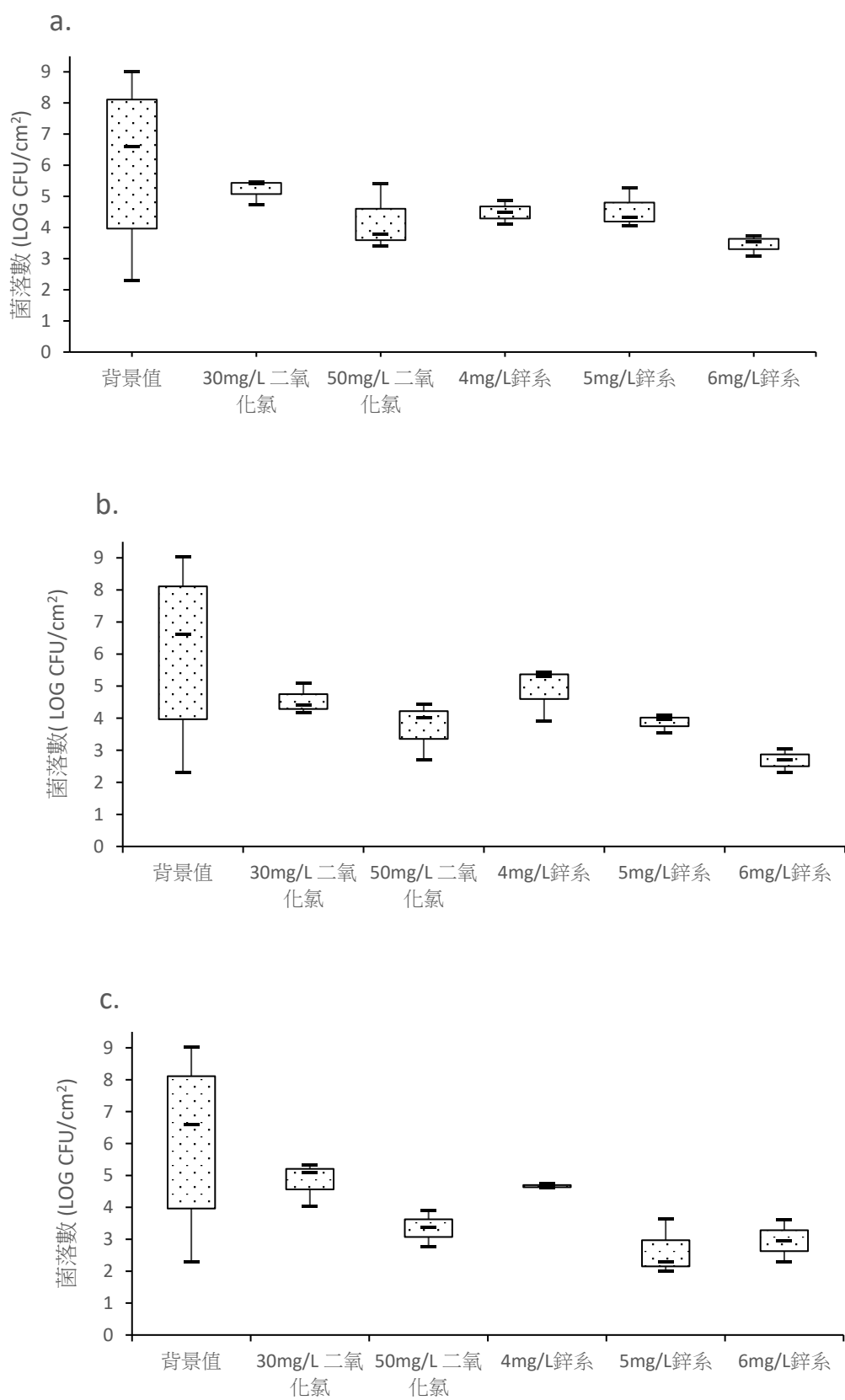


圖 10 消毒劑應用超音波震盪殺菌氣霧裝置之頭部殺菌效果(a.接觸時間 20 秒；b.接觸時間 60 秒；c.接觸時間 300 秒)

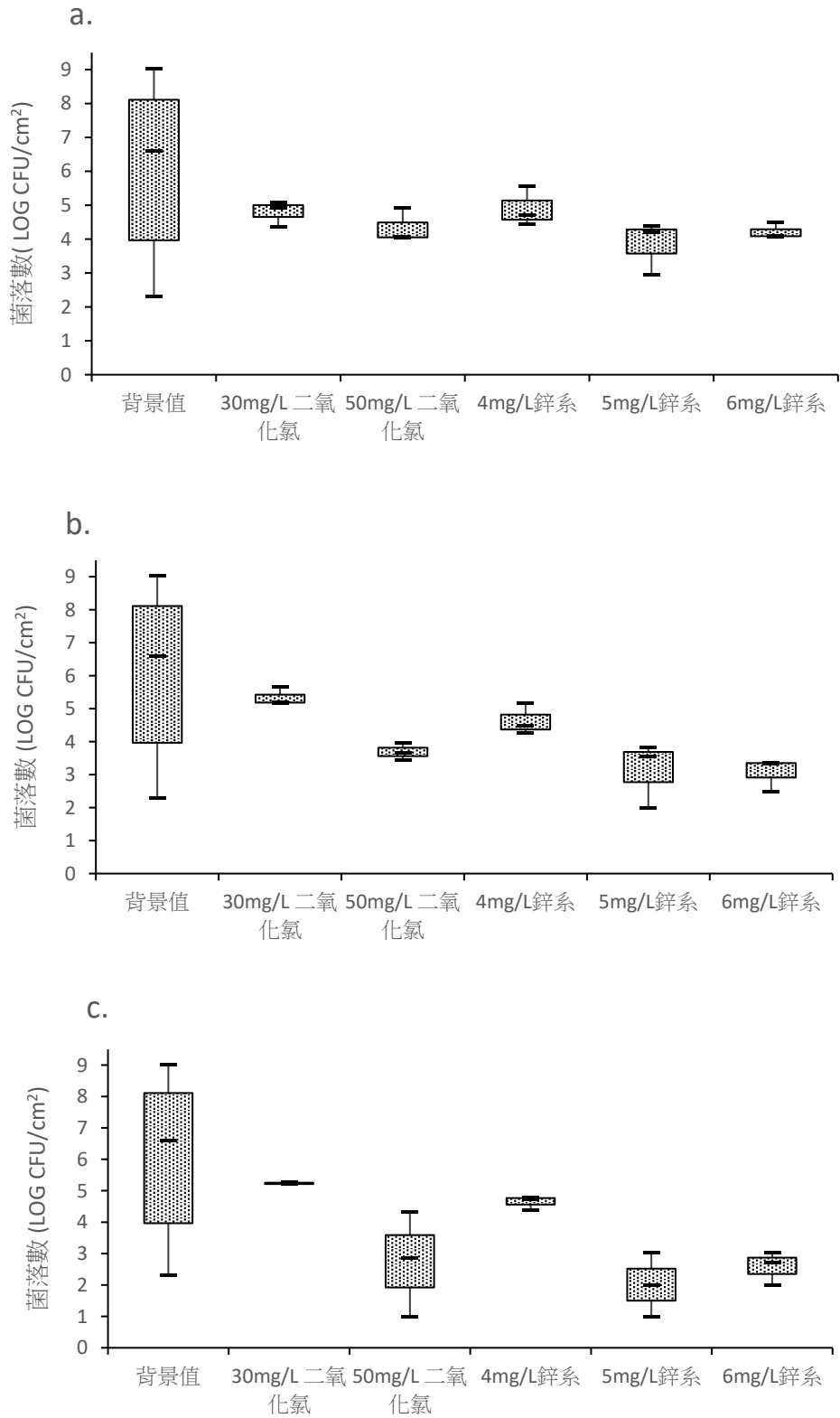


圖 11 消毒劑應用超音波震盪殺菌氣霧裝置之肩部殺菌效果(a.接觸時間 20 秒；
b.接觸時間 60 秒；c.接觸時間 300 秒)

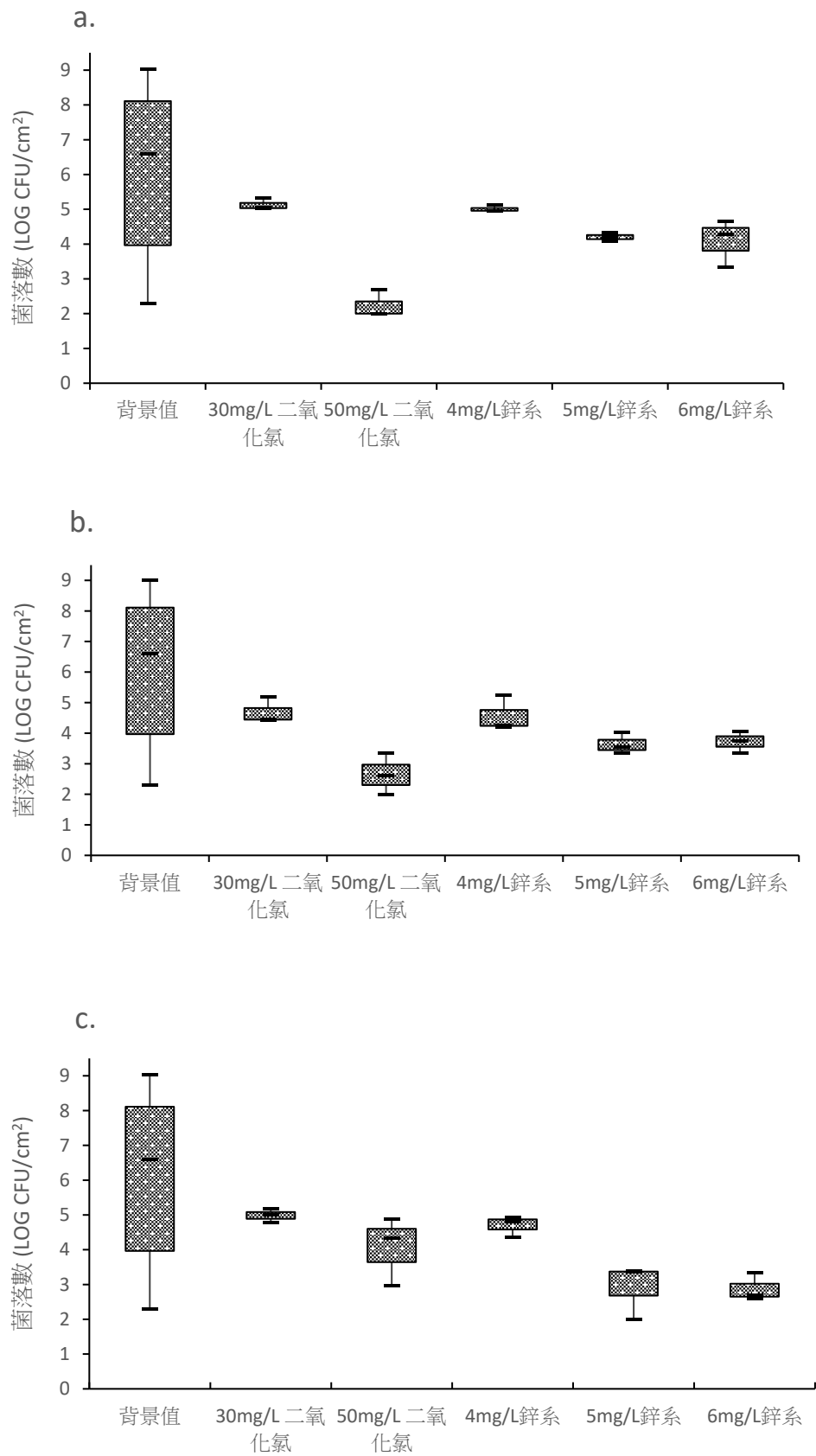


圖 12 消毒劑應用超音波震盪殺菌氣霧裝置之背部殺菌效果(a.接觸時間 20 秒；b.接觸時間 60 秒；c.接觸時間 300 秒)

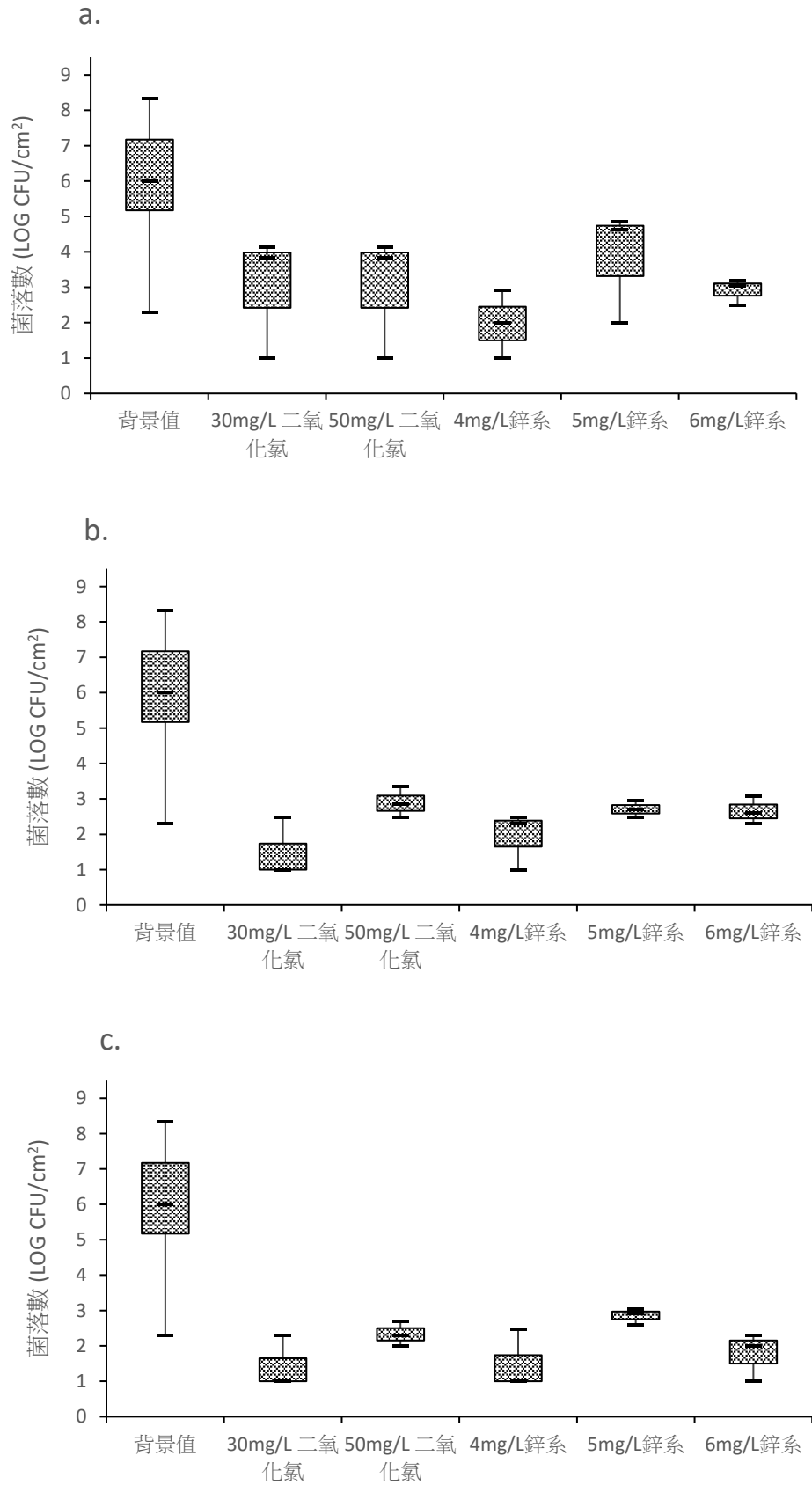


圖 13 消毒劑應用超音波震盪殺菌氣霧裝置之手部殺菌效果(a.接觸時間 20 秒；b.接觸時間 60 秒；c.接觸時間 300 秒)

3. 不同濃度消毒劑應用於不同氣霧消毒裝置之消毒效率

由表 2 可看出二氧化氯與鋅系對於人體皮膚表面消毒的殺菌效果比工作服表面的殺菌效果好，二氧化氯消毒劑對於工作服表面消毒之殺菌效果較穩定。觀察發現 30 mg/L 與 50 mg/L 二氧化氯消毒劑皆有殺菌效果，且其殺菌效果皆可達 90% 以上，其中 30 mg/L 二氧化氯針對人體皮膚表面於 20 秒的接觸時間即可達 99.9% 的殺菌效果；而對工作服而言，於 300 秒的接觸時間背部之工作服的殺菌效能才可達 99.9%；將濃度提高至 50 mg/L 二氧化氯在噴灑消毒後的 20 秒其殺菌率就達 99.9% 以上，雖背部工作服表面於 300 秒的接觸時間下消毒效能未能達到 99.9%，因其接觸時間較長、人體體溫較室溫高，導致消毒劑揮發速率較快造成消毒效能較不穩定，但提高消毒劑濃度後可縮短消毒劑接觸時間，其殺菌率也提高，可有效抑制細菌滋生；而 4-6 mg/L 鋅系消毒劑皆有殺菌效能。由於工作服為棉質編織有許多棉絮及孔洞，其接觸面積比人體皮膚面積相較來的大，造成單位面積接觸之消毒劑之劑量相對較小，使相同劑量應用於皮膚表面與工作服表面之消毒效率不同。其中 4 mg/L 鋅系消毒劑於 60 秒的接觸時間背部工作服表面即可達 99.9% 的殺菌效能，隨著接觸時間至 300 秒，工作服表面及人體皮膚表面殺菌效能皆可達 99.9%；將濃度提高至 6 mg/L 鋅系在噴灑消毒後的 20 秒其殺菌率就達 99.9% 以上，提高消毒劑濃度後可縮短消毒劑接觸時間，其殺菌率也提高，可有效抑制細菌滋生。比較二氧化氯與鋅系之總平均殺菌率可發現，50 mg/L 二氧化氯與 6 mg/L 鋅系應用於高壓幫浦強力氣霧裝置消毒效果最好，其總平均消毒皆可達 99.9%。

表 2 兩種消毒劑應用高壓幫浦強力氣霧裝置不同作用時間之平均消毒殺菌率

項目		二氧化氯 (mg/L)		鋅系 (mg/L)		
		30	50	4	5	6
20 sec	頭部 (%)	99.89	99.96	80.79	99.43	99.99
	肩部 (%)	99.81	99.98	99.88	99.99	99.92
	背部 (%)	98.94	99.98	97.75	99.95	99.95
	皮膚表面 (%)	99.91	99.97	95.05	99.94	100.00
1 min	頭部 (%)	98.60	99.97	94.72	98.21	99.97
	肩部 (%)	94.42	100.00	99.81	99.99	99.99
	背部 (%)	99.37	100.00	99.97	99.98	99.94
	皮膚表面 (%)	99.97	99.99	96.69	99.95	100.00
5 min	頭部 (%)	99.86	100.00	99.99	100.00	99.99
	肩部 (%)	99.64	100.00	99.98	100.00	99.99
	背部 (%)	99.95	99.70	99.98	100.00	100.00
	皮膚表面 (%)	99.95	100.00	99.97	99.96	100.00
總平均殺菌率 (%)		99.19	99.96	97.05	99.78	99.98

由表 3 可看出二氧化氯與鋅系對於人體皮膚表面消毒的殺菌效果比工作服表面的殺菌效果好，二氧化氯消毒劑對於工作服表面消毒之殺菌效果較穩定。觀察發現 30 mg/L 與 50 mg/L 二氧化氯消毒劑皆有殺菌效果，且其殺菌效果皆可達 90% 以上，其中 30 mg/L 二氧化氯針對皮膚表面進行消毒於 20 秒的接觸時間即可達 99.9% 的殺菌效能，隨接觸時間至 300 秒可發現殺菌效能下降，是因為體表之體溫會增加消毒劑的蒸散，導致該殘菌量有稍微回升，但仍有殺菌效果；50 mg/L 二氧化氯於 60 秒的接觸工作服表面消毒效能即可達 99.9%，提高消毒劑濃度後可縮短其殺菌率提高，具有有效之消毒效能；4-6 mg/L 鋅系消毒劑皆有殺菌效能，其中 4 mg/L 鋅系消毒劑於 20 秒的接觸時間 b 人體皮膚表面即可達 99.9% 的殺菌效能，隨著接觸時間至 300 秒，工作服表面及人體皮膚表面殺菌效能皆可達 99.9%；6 mg/L 鋅系於 300 秒的接觸時間人體表面及工作服的消毒效能皆可達 99.9% 以上。

表 3 兩種消毒劑應用超音波震盪殺菌氣霧裝置不同作用時間之平均消毒殺菌率

項目		二氧化氯 (mg/L)		鋅系 (mg/L)		
		30	50	4	5	6
使用濃度		30	50	4	5	6
20 sec	頭部 (%)	99.54	99.79	99.27	94.69	100.00
	肩部 (%)	99.82	99.92	97.21	99.02	99.29
	背部 (%)	99.67	100.00	98.06	99.19	93.83
	皮膚表面 (%)	99.93	99.99	99.92	95.45	99.05
1 min	頭部 (%)	99.88	99.97	97.02	99.40	100.00
	肩部 (%)	99.42	99.99	98.81	99.75	100.00
	背部 (%)	99.84	100.00	98.68	99.60	100.00
	皮膚表面 (%)	99.94	100.00	99.95	99.93	99.41
5 min	頭部 (%)	99.73	99.99	99.13	99.89	99.94
	肩部 (%)	99.60	99.98	99.08	99.97	100.00
	背部 (%)	99.76	99.92	98.92	99.88	100.00
	皮膚表面 (%)	99.83	100.00	99.97	99.91	99.90
總平均殺菌率 (%)		99.75	99.96	98.84	98.89	99.28

4. 統計分析

本試驗結果選用 SPSS 24.0 統計軟體進行分析，為有效探討兩個不同濃度殺菌劑與不同接觸時間及使用不同氣霧消毒裝置的關係，以雙變數分析(person)來了解其相關性。

使用兩種不同濃度消毒劑應用於高壓幫浦強力氣霧裝置，結果可由表 4 得知，敘述如下：

- (1) 使用兩種不同濃度殺菌劑(30 mg/L ClO₂、50 mg/L ClO₂、4 mg/L 鋅系、5 mg/L 鋅系及 6 mg/L 鋅系)與接觸時間之關聯性，說明隨著接觸時間的增加影響工作服表面及人體皮膚表面殘菌量的變化雖無顯著偏差，但都為負相關。
- (2) 兩種不同濃度殺菌劑(30 mg/L ClO₂、50 mg/L ClO₂、4 mg/L 鋅系、5 mg/L 鋅系及 6 mg/L 鋅系)應用於高壓幫浦強力氣霧裝置之殺菌率皆可達 95%以上，但其消毒劑與時間接觸長短並無顯著相關，其代表於 20 秒的接觸時間即有消毒效果，隨接觸時間越長雖殘菌量仍有下降，但較不顯著。
- (3) 隨接觸時間的上升，5 mg/L 鋅系於頭部、肩部及背部的相關性較 6 mg/L 鋅系趨近於-1，係因為其接觸時間 300 秒後殘菌量最小值較 6 mg/L 鋅系來的少，因此其相關性之結果較 6 mg/L 鋅系來得好。

表 4 應用不同濃度殺菌劑與各部位接觸時間之相關分析

項目	30 mg/L ClO ₂	50 mg/L ClO ₂	4 mg/L 鋅系	5 mg/L 鋅系	6 mg/L 鋅系
頭					
皮爾森 (Pearson) 相關性	-0.327	-0.613	-0.494	-0.351	-0.066
顯著性 (雙尾)	0.391	0.079	0.176	0.354	0.865
N	9	9	9	9	9
肩					
皮爾森 (Pearson) 相關性	-0.328	-0.516	-0.389	-0.388	-0.059
顯著性 (雙尾)	0.390	0.155	0.300	0.302	0.880
N	9	9	9	9	9
背					
皮爾森 (Pearson) 相關性	-0.401	-0.506	-0.307	-0.565	-0.470
顯著性 (雙尾)	0.285	0.165	0.421	0.113	0.201
N	9	9	9	9	9
手					
皮爾森 (Pearson) 相關性	-0.203	-0.537	-0.306	-0.132	-0.305
顯著性 (雙尾)	0.600	0.136	0.423	0.734	0.425
N	9	9	9	9	9

** . 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)。

使用兩種不同濃度消毒劑應用於超音波震盪殺菌氣霧裝置，結果可由表 5 得知，敘述如下：

- (1) 使用兩種不同濃度殺菌劑(30 mg/L ClO₂、50 mg/L ClO₂、4 mg/L 鋅系、5 mg/L 鋅系及 6 mg/L 鋅系)與接觸時間之關聯性，說明隨著接觸時間的增加影響工作服表面及人體皮膚表面殘菌量的變化為負相關。但其中 30 mg/L 二氧化氯隨著接觸時間的增加針對人體皮膚表面之殘菌量卻呈現正相關，是由於隨著時間的增長，體表之體溫增加造成消毒劑蒸散，導致該濃度之

消毒劑雖具有消毒效果，但未能有效的控制殘餘菌之殘留量。

- (2) 兩種不同濃度殺菌劑(30 mg/L 二氧化氯、50 mg/L 二氧化氯、4 mg/L 鋅系、5 mg/L 鋅系及 6 mg/L 鋅系)應用於超音波震盪殺菌氣霧裝置之殺菌率皆可達 95%以上，但其消毒劑與時間接觸長短並無顯著相關，其代表於 20 秒的接觸時間即有消毒效果，隨接觸時間越長雖殘菌量仍有下降，但較不顯著。
- (3) 隨著接觸時間的增加，6 mg/L 鋅系對人體表面之消毒來的最好，是因二氧化氯會體表之體溫會增加消毒劑的蒸散，未能有效的控制殘餘菌之殘留量，無使用鋅系針對人體表面之消毒來的穩定，具有長效殺菌效能。

表 5 應用不同濃度殺菌劑與各部位接觸時間之相關分析

項目	30 mg/L ClO ₂	50 mg/L ClO ₂	4 mg/L 鋅系	5 mg/L 鋅系	6 mg/L 鋅系
頭					
皮爾森 (Pearson) 相關性	-0.131	-0.321	-0.296	-0.385	-0.214
顯著性 (雙尾)	0.738	0.400	0.440	0.306	0.580
N	9	9	9	9	9
肩					
皮爾森 (Pearson) 相關性	-0.128	-0.312	-0.296	-0.539	-0.553
顯著性 (雙尾)	0.743	0.414	0.440	0.135	0.122
N	9	9	9	9	9
背					
皮爾森 (Pearson) 相關性	-0.089	0.148	-0.302	-0.516	-0.508
顯著性 (雙尾)	0.820	0.703	0.429	0.155	0.163
N	9	9	9	9	9
手					
皮爾森 (Pearson) 相關性	0.540	-0.467	-0.281	-0.437	-0.648
顯著性 (雙尾)	0.133	0.205	0.463	0.240	0.059
N	9	9	9	9	9

** . 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)。

使用兩種消毒劑應用於兩種殺菌氣霧裝置，結果可由表 6 得知，敘述如下：

- (1) 鋅系消毒劑應用於高壓幫浦強力氣霧裝置、超音波震盪殺菌氣霧裝置對殘菌量呈現極為顯著之負相關 ($p < 0.01$)，表示使用鋅系消毒劑應用於兩種氣霧裝置有殺菌效果極佳。
- (2) 二氧化氯消毒劑應用於高壓幫浦強力氣霧裝置對殘菌量呈現顯著負相關 ($p < 0.05$)，表示使用二氧化氯消毒劑應用於高壓幫浦強力氣霧裝置能使殘菌量減少。
- (3) 二氧化氯應用於高超音波震盪殺菌氣霧裝置有消毒效能，但無顯著相關性，因室溫高於 11° C 且經由超音波震盪使其分子變小，還未接觸到人體及工作服就已蒸散，導致其消毒效能不如鋅系消毒劑穩定。

表 6 兩種消毒劑應用於兩種殺菌氣霧裝置之相關分析

項目	二氧化氯	鋅系
皮爾森 (Pearson) 相關性	-0.270*	-0.307**
高壓幫浦強力氣霧裝置 顯著性 (雙尾)	0.022	0.001
N	72	108
皮爾森 (Pearson) 相關性	-0.198	-0.290**
超音波震盪殺菌氣霧裝置 顯著性 (雙尾)	0.095	0.002
N	72	108

** . 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)。

(六)結論

1. 二氧化氯消毒劑與鋅消毒劑系應用於高壓幫浦強力氣霧裝置及超音波震盪殺菌氣霧裝置針對皮膚與工作服表面進行消毒，就針對皮膚表面而言，三種消毒劑之不同濃度均有顯著的消毒效果，其殺菌率可達 95% 以上；另，以工作服表面來看，50 mg/L 二氧化氯消毒劑應用高壓幫浦強力氣霧裝置及超音波震盪殺菌氣霧裝置於較其他消毒劑來得佳，且殺菌率達到 99% 以上。
2. 二氧化氯消毒劑應用於超音波震盪殺菌氣霧裝置效果最好。
3. 鋅系應用於超音波震盪殺菌氣霧裝置消毒劑效能較二氧化氯消毒劑效能略差，其應用於於高壓幫浦強力氣霧裝置效能最佳。
4. 50 mg/L 之二氧化氯消毒劑殺菌效果雖較其他消毒劑來的好，但該類消毒劑若使用不當，會造成人體皮膚及呼吸道黏膜的刺激性，使操作者有不適感。而應用 5 mg/L 或 6 mg/L 鋅系消毒劑殺菌效果穩定且有瞬間殺菌之優點。
5. 由於人體表之體溫會增加消毒劑的蒸散，導致該濃度之消毒劑應用於手部時，雖具有消毒效果，但未能有效的控制殘餘菌之殘留量，因此應用於壓幫浦強力氣霧裝置及超音波震盪殺菌氣霧裝置之二氧化氯消毒劑於 20 秒的接觸時間最好。
6. 比較兩種消毒劑應用於高壓幫浦強力氣霧裝置及超音波震盪殺菌氣霧裝置之總平均殺菌率而言，使用高壓幫浦強力氣霧裝置消毒效果較超音波震盪殺菌氣霧裝置來得好且殺菌效果穩定。
7. 高壓幫浦強力氣霧裝置噴灑 3 秒、七個噴灑點共耗費 24.57 毫升；超音波震盪霧化方式之消毒氣霧噴灑每秒約 0.84 毫升、噴灑 30 秒、兩台氣霧裝置共耗費 50.4 毫升，超音波震盪殺菌氣霧裝置噴灑之消毒劑毫升數較高壓幫浦

強力氣霧裝置多，但使用高壓幫浦強力氣霧裝置之消毒效能較超音波震盪殺菌氣霧裝置好。

8. 兩種自動氣霧消毒裝置之使用皆有消毒效能，但超音波震盪殺菌氣霧裝置較高壓幫浦強力氣霧裝置具有機動性及便利性，建議需依場合變動之消毒可使用超音波震盪殺菌氣霧裝置。

(七)參考文獻

ATSDR, Draft Toxicological profiles for Chlorine Dioxide, US Department of Health and Human Services Public Health Service. (pp6 , pp15-18 , pp109-113)
(September 2002)

Dimapilis E.A.S., Hsu C.S., Mendoza R.M.O., Lu M.C., Zinc Oxide Nanoparticles for Water Disinfection, Sustainable Environment Research, <https://doi.org/10.1016/j.serj.2017.10.001>, in press.

Hackenberg S., Scherzed A., Technau A., Froelich K., Hagen R., Kleinsasser N., Functional responses of human adipose tissue-derived mesenchymal stem cells to metal oxide nanoparticles in vitro, *J. Biomed. Nanotechnol.*, 9, 86–95, 2013.

Hoigne J, Bader H, Kinetic of Reaction of Chlorine Dioxide in water (I), *Water Research*, 28(1), 45-55, 1994.

Jahangiri, M., Neghab, M., Nasiri, G., Aghabeigi, M., Khademain, V., Rostami, R., Kargar, V., & Rasooli, J. (2015). Respiratory disorders associated with occupational inhalational exposure to bioaerosols among wastewater treatment workers of petrochemical complexes. *International Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 6(1), 41-9.

Jaremków, A., Szałata, Ł., Kołwzan, B., Sówka, I., Zwoździak, J., & Pawlas, K. (2017). Impact of a Sewage Treatment Plant on Health of Local Residents: Gastrointestinal System Symptoms. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(1), 127-136.

Karra, S., & Katsivela, E. (2007). Microorganisms in bioaerosol emissions from wastewater treatment plants during summer at a Mediterranean site. *Water Research*, 41, 1355–1365.

Maxwell A., Critchlow S. E., Mode of Action, In Quinolone Antibacterials, Edited by Kuhlmann J., Dalhoff A., Zeiler H. J., Springer Verlag, 119-158 ,1997.

Taylor EW, Mehtar S, Cowan RE, Feneley RC. , Endoscop: disinfectants and health. Report of a meeting held at the Royal college of Surgens of England, February, *J Hosp Infect*, 28(5) (1994).USEPA Dioxin Workshop November, 1996-Summary.

Tratnyet PG, Hoigne J, Kinetic of Reaction of Chlorine Dioxide in water (II), *Water Research*, 28(1), 57-66, 1994.

Xie Y., He Y., Irwin P.L., Jin T. Shi, X., Antibacterial activity and mechanism of action of zinc oxide nanoparticles against *Campylobacter jejuni*, *Appl. Environ. Microbiol.*, 77, 2325–2331, 2011.

李顯智、丘建宏，不同空調通風條件對於室內空間流場之 CFD 模擬。國立中央大學土木工程學系碩士論文，2010。

耿亮、姚海偉、藍海嘯，抗菌防臭紡織品，陝西紡織，2，43-44，2006。

陳國東，氣候與環境變遷之衝擊度評析與策略規劃:以公共衛生影響為例---氣候與環境因子對台灣地區流行疾病之影響:以腸病毒 71 型為例(I)。國科會研究報告，2010。

薛廣波，現代消毒學。人民軍醫出版社，北京，381 (2002)。