

國立交通大學

環境工程研究所

碩士論文

醫療院所室內空氣中真菌與細菌濃度

評估與環境影響因子調查



To Assess the Concentrations and Related Environmental Factor of
Airborne Fungi and Bacteria in Hospital, Taiwan

研究生：蘇紘瑩

指導教授：林志高 教授

中華民國一百年九月

醫療院所室內空氣中真菌與細菌濃度
評估與環境影響因子調查

To Assess the Concentrations and Related Environmental Factor of
Airborne Fungi and Bacteria in Hospital, Taiwan

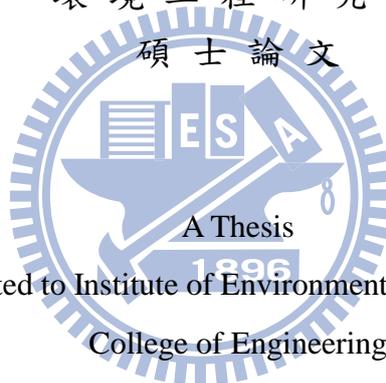
研究生：蘇紘瑩

Student : Hong-Ying Su

指導教授：林志高

Advisor : Dr. Jih-Gaw Lin

國立交通大學
環境工程研究所
碩士論文



Submitted to Institute of Environmental Engineering
College of Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

In

Environmental Engineering

September 2011

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一百年九月

醫療院所室內空氣中真菌與細菌濃度評估與環境影響因子調查

學生：蘇紘瑩

指導教授：林志高 教授

國立交通大學環境工程研究所 碩士班

摘 要

醫療場所因其作業環境對於室內空氣品質要求較高，尤其對於生物性汙染源，其可能造成就診者二度感染或加重病情，同時服務的工作人員也須承受長期暴露的高風險性。故本研究根據環保署環境檢驗所公告之室內空氣微生物標準檢測方法，採用安德森單階生物氣膠採樣器 (Andersen single-stage viable particle sizing sampler)，針對醫院空氣中真菌與細菌濃度做詳細的採樣調查，同時參考國內外文獻與法定標準值，評估生物暴露情況，另外也針對環境影響因素如月份、人數、二氧化碳濃度、溫溼度、室外空氣及時段 (早、午、晚) 以適當的統計方式研究其相關性。

根據研究結果，三所醫院所有監測場所的平均真菌濃度均符合環保署標準 1000 CFU/m^3 以下，但細菌濃度則有 59% 的室內監測場所曾超出環保署標準 500 CFU/m^3 ，而這些不合格場所多是各家醫院的掛號及候診區。於微生物的環境影響因子方面，真菌濃度普遍於六月或八月夏季時節較高，細菌濃度則於十二月或二月冬季時節較低；而真菌濃度受室內人口影響的監測場所僅占 4%，但有 41% 的監測場所其細菌濃度與人口數具有相關性； CO_2 濃度與真菌濃度具相關性的場所約占 30%，其可能呈負相關或正相關，與監測場所的特性有關，而與細菌濃度具相關性的場所約占 37%；而多數場所的真菌或細菌濃度皆與溫度有關，約占所有場所的 44%，相較之下與濕度具相關性的場所較少，真菌方面約有 15%，細菌方面則僅有 3%；雖然

多數文獻顯示室內真菌最大之污染源來自於室外，但本研究分析結果僅有 15% 的監測場所其真菌濃度與室外空氣具有相關性，這些相關場所大多位於一樓且與室外具有門窗通道，而細菌方面則有 30% 的場所與室外空氣具相關性，另外污水處理廠的存在會顯著增加空氣中細菌濃度；於時段上，約有 26% 監測場所的真菌濃度具有顯著差異，但依各場所不同而有所區別，細菌濃度則有 52% 的室內監測場所具有顯著差異，且大致上於晚上時段濃度較低。

關鍵字：室內空氣品質、醫院、真菌、細菌、影響因子、統計



To Assess the Concentrations and Related Environmental Factor of Airborne Fungi and Bacteria in Hospital, Taiwan

Student: Hong-Ying Su

Advisors : Dr. Jih-Gaw Lin

Institute of Environmental Engineering
National Chiao Tung University

ABSTRACT

The indoor air quality (IAQ) plays an important role in the human health and comfortability of occupants, especially in hospitals. The nosocomial airborne contamination in hospitals can arrive from non-biological and biological sources, which in-turn causes precipitating of symptoms and infecting disease in susceptible subject's i.e. elderly or immuno-compromised subjects. The long term exposure to these nosocomial airborne contaminations can induce high risks for the hospital staffs. For analysis and maintenance protocols to comprise the hospital IAQ within the IAQ standards, I use the Andersen single-stage viable particle sizing sampler to investigate the presence of bacteria and fungi in the indoor-air of a hospital at different time frames. In addition, we intend to investigate the relationship between IAQ and various environmental factors such as person, CO₂ concentration, temperature, relative humidity, month, and time (morning, afternoon, evening). Finally, a comparison of the present IAQ of hospital with IAQ standards of various countries including Taiwan will be briefed.

The monitoring results reveal that the average fungi concentrations in most hospital rooms can comply with the suggested standard which is under 1000 CFU/m³. On the contrary, the bacteria concentrations of 59% of monitoring sites had been over

the standard value 500 CFU/m³, and these sites were mostly registry or waiting rooms. On the other hand, this study uses suitable statistical method to analyze eight interfering factors. First, the fungi concentrations were generally higher in June or August, but the bacteria concentrations were usually lower in December or February. Second, there were only 4% of monitoring sites whose fungi concentrations were significantly correlated with person, but there were about 41% of sites whose bacteria concentrations were. Third, there were 30% of sites whose fungi concentrations had positive or negative relationship to CO₂ concentrations, and the reason may be in connection with the characteristics of sampling sites. In addition, there were 37% of sites whose bacteria concentrations and CO₂ concentrations were directly related. Fourth, the proportion of monitoring sites whose both fungi and bacteria concentrations were significantly correlated with indoor temperature is 44%. By contrast, the proportion of sampling sites whose fungi and bacteria concentrations had relationship with related humidity is only 15% and 3% respectively. Fifth, although many studies indicate that the most serious fungi pollution sources in door come from outdoor air, this study results reveal that there were merely 15% of monitoring sites whose indoor and outdoor fungi concentrations were significantly correlated with each other, and the most parts of these sites were on the first floor and connected with outdoor air by doors and windows. On the other side, the proportion of sampling sites whose bacteria concentrations were significantly correlated with outdoor air is 30%. Moreover, the existence of sewage treatment plants also can increase the nearby airborne bacteria concentration significantly. Sixth, the proportion of sampling sites whose fungi and bacteria concentrations had significantly different from time to time were 26% and 52% respectively, and the bacteria concentrations sampling at night are lower than other times, like in morning or afternoon.

Keyword: Indoor air quality; Hospital; Bacteria; Fungi; Related Environmental Factor; Statistic method.

致謝

回想這三年來的研究歷程，最需感謝的便是指導教授—林志高老師，老師對於初來尚在茫然中的學生，總是不厭其煩的從最基礎教起，讓我們紮下扎實的根基，也對自己的研究能夠更有自信。此外，也感謝所上高正忠教授與中原大學生環系的王雅玢副教授，在研究過程中不藏私的指導，口試時也給予寶貴的建議以及鼓勵，使我的論文能夠順利完成。

初到交大，因緣際會下與高老師研究室的雅如共同接下醫院計畫，從此便多了一個一起討論、打拼、歡笑與抱怨的好夥伴，加上岳奇、科智與心怡學弟妹、金門學姐、文進與子欽學長的兩肋插刀，順利度過了整個醫院採樣的歷程。在這過程中，感謝醫院裡給予協助的護士長、中控室裡親切的大哥大姐，說要請我們吃飯的警衛伯伯，幫我們借東西的醫工組人員，特別是給予最多協助的林志宏主任，因為妳們，我們的採樣過程才能順利。

感謝研究室裡一路陪著我，戰戰兢兢應付各種意外、一同歡樂聊天郊遊的小 Ca、蝦味先、QQ、米粉、King、珮芸、茜茹、怡君、維倫、南維、信翰，因為有你們的存在，我的研究生生活是多彩多姿的，另外也特別感謝看起來很嚴肅但其實不是很正經的王董、看起來很憨厚實際上也很老實的 Li-an 學長，因為有你們的帶領，實驗室才能順利運行。

最後要感謝的是，在背後一直默默支持我完成學業的媽媽與哥哥，因為你們的照顧與愛護，才得以順利完成學業。而一路上一直陪伴、鼓勵、幫助我的穎亞，雖然有笑有吵有鬧，但我衷心感謝你的存在。

這一路走來，雖然不是一帆風順，但總有許多人會適時的出現給予幫助，感謝所有曾經幫助過我的人，因為有你們，才有今天的我。

蘇紘瑩 謹致於交大

民國一百年九月

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	III
致謝.....	V
目錄.....	VI
圖目錄.....	IX
表目錄.....	X
第一章 前言.....	1
1.1 研究緣起.....	1
1.2 研究目的.....	2
第二章 文獻回顧.....	3
2.1 室內空氣品質.....	4
2.1.1 室內空氣中污染物.....	5
2.1.2 室內空氣品質標準.....	12
2.2 生物氣膠污染物的採樣及定量方法.....	16
2.2.1 採樣方法.....	16
2.2.2 生物氣膠採樣器比較.....	22
2.2.3 細菌與真菌濃度定量方法.....	23
2.3 室內空氣中真菌與細菌濃度影響因子.....	28
2.4 國內外醫院真菌與細菌濃度.....	35
第三章 實驗方法與步驟.....	38
3.1 研究流程.....	38
3.2 採樣方法與作業流程.....	40
3.2.1 實驗藥品與採樣設備.....	40

3.2.2 採樣作業流程.....	43
3.2.3 採樣前調查.....	44
3.3 環境影響因子.....	47
3.4 統計分析.....	48
第四章 結果與討論.....	52
4.1 醫院空氣中真菌與細菌濃度評估.....	52
4.1.1. 不同採樣部門的真菌濃度.....	52
4.1.2. 不同採樣部門的細菌濃度.....	60
4.1.3 相同類型採樣部門的真菌與細菌濃度比較.....	69
4.2 環境影響因子評估.....	74
4.2.1 月份.....	74
4.2.2 室內人口數量.....	76
4.2.3 二氧化碳濃度.....	78
4.2.4 溫濕度.....	81
4.2.5 室外空氣.....	83
4.2.6 時段.....	86
第五章 結論與建議.....	88
5.1 結論.....	88
5.2 建議.....	90
第六章 參考文獻.....	92
附錄 A 菌落數校正表.....	99
附錄 B 採樣記錄表.....	100
附錄 C 總真菌與細菌濃度統計表.....	101
附錄 D 三所醫院各月份真菌濃度直條圖.....	102
附錄 E 三所醫院各月份細菌濃度直條圖.....	108

附錄 F Mann-Whitney U Test 分析同類型部門	114
附錄 G Kruskal-Wallis Test 分析三所醫院各監測場所.....	116
附錄 H 室內人數與真菌、細菌濃度相關性分析	125
附錄 I CO ₂ 與真菌、細菌濃度相關性分析	128
附錄 J Spearman 相關係數分析 CO ₂ 的影響因子.....	131
附錄 K 溫濕度與真菌、細菌濃度相關性分析	134
附錄 L 室外空氣與真菌、細菌濃度相關性分析	137
附錄 M 分析真菌、細菌濃度於早午晚時段之差異	140



圖目錄

圖 2-1	市面上常見的生物氣膠採樣器之截取粒徑.....	18
圖 3-1	研究流程.....	38
圖 4-1	H1 醫院室內場所空氣中真菌濃度盒狀圖.....	53
圖 4-2	H2 醫院室內場所空氣中真菌濃度盒狀圖.....	55
圖 4-3	H3 醫院室內場所空氣中真菌濃度盒狀圖.....	58
圖 4-4	H1 醫院室內場所空氣中細菌濃度盒狀圖.....	62
圖 4-5	H2 醫院各採樣場所空氣中細菌濃度盒狀圖.....	64
圖 4-6	H3 醫院室內場所空氣中細菌濃度盒狀圖.....	66
圖 D-1	H1 醫院空氣中真菌濃度直條圖 (A) 九十八年八月、(B) 十月、(C) 十二月 (D) 九十九年二月、(E) 四月、(F) 六月.....	100
圖 D-2	H2 醫院空氣中真菌濃度直條圖 (A) 九十八年八月、(B) 十月、(C) 十二月 (D) 九十九年二月、(E) 四月、(F) 六月.....	102
圖 D-3	H3 醫院空氣中真菌濃度直條圖 (A) 九十八年八月、(B) 十月、(C) 十二月 (D) 九十九年二月、(E) 四月、(F) 六月.....	104
圖 E-1	H1 醫院空氣中細菌濃度直條圖 (A) 九十八年八月、(B) 十月、(C) 十二月 (D) 九十九年二月、(E) 四月、(F) 六月.....	106
圖 E-2	H2 醫院空氣中細菌濃度直條圖 (A) 九十八年八月、(B) 十月、(C) 十二月 (D) 九十九年二月、(E) 四月、(F) 六月.....	108
圖 E-3	H3 醫院空氣中細菌濃度直條圖 (A) 九十八年八月、(B) 十月、(C) 十二月 (D) 九十九年二月、(E) 四月、(F) 六月.....	110

表目錄

表 2-1 常見的室內空氣汙染物及汙染源.....	6
表 2-2 室內空氣中常見的細菌菌屬.....	10
表 2-3 室內空氣中常見的真菌菌屬.....	11
表 2-4 醫療院所各類型部門室內空氣中細菌菌落建議值.....	13
表 2-5 各國 IAQ 法規標準值或建議值.....	14
表 2-6 Andersen 6-STG 各階收集粒徑與人體呼吸道貫穿程度.....	18
表 2-7 各國醫院空氣中真菌與細菌濃度.....	37
表 3-1 三家醫院採樣部門、樓層及英文代號.....	46
表 3-2 無母數檢定分類.....	49
表 3-3 文獻常用統計方法.....	50
表 4-1 Mann-Whitney U Test 分析 H1 醫院室內場所真菌濃度 p-value....	54
表 4-2 Mann-Whitney U test 分析 H2 醫院室內場所真菌濃度 p-value.....	56
表 4-3 Mann-Whitney U test 分析 H3 醫院室內場所真菌濃度 p-value.....	57
表 4-4 三所醫院室內場所的真菌濃度不合格率.....	59
表 4-5 三所醫院室內場所的空氣中真菌濃度分類結果.....	60
表 4-6 Mann-Whitney U test 分析 H1 醫院室內場所細菌濃度 p-value.....	61
表 4-7 Mann-Whitney U test 分析 H2 醫院各場所細菌濃度 p-value.....	63
表 4-8 Mann-Whitney U test 分析 H3 醫院室內場所細菌濃度 p-value.....	66
表 4-9 三所醫院室內場所的空氣中細菌濃度分類結果.....	67
表 4-10 三所醫院室內場所的細菌濃度不合格率.....	68
表 4-11 H1 醫院各監測場所活動人數統計.....	77
表 4-12 H2 醫院各監測場所活動人數統計.....	77
表 4-13 H3 醫院各監測場所活動人數統計.....	78

表 4-14	H1 醫院各監測場所 CO ₂ 濃度 (ppm)	80
表 4-15	H2 醫院各監測場所 CO ₂ 濃度 (ppm)	80
表 4-16	H3 醫院各監測場所 CO ₂ 濃度 (ppm)	81
表 4-17	H1 醫院各監測場所的溫度與相對濕度	82
表 4-18	H2 醫院各監測場所的溫度與相對濕度	83
表 4-19	H3 醫院各監測場所的溫度與相對濕度	83
表 4-20	H1 醫院各監測場所 I/O ratio	85
表 4-21	H2 醫院各監測場所 I/O ratio	85
表 4-22	H3 醫院各監測場所 I/O ratio	86
表 4-23	Wilcoxon Signed Rank Test 分析 H2 醫院室外微生物濃度	86
表 5-1	各監測場真菌與細菌濃度之環境影響因子整理	91
表 A-1	採樣器菌落數校正表	99
表 B-1	採樣記錄表	100
表 C-1	三所醫院各監測場所真菌與細菌濃度統計數值	101
表 F-1	Mann-Whitney U Test 分析三所醫院手術房之統計數值	114
表 F-2	Mann-Whitney U Test 分析三所醫院加護病房之統計數值	114
表 F-3	Mann-Whitney U Test 分析三所醫院普通病房	115
表 F-4	Mann-Whitney U Test 分析三所醫院急診	115
表 F-5	Mann-Whitney U Test 分析三所醫院掛號區	115
表 G-1	Kruskal-Wallis test 分析 H1 醫院各監測場所	116
表 G-2	Kruskal-Wallis test 分析 H2 醫院各監測場所	119
表 G-3	Kruskal-Wallis test 分析 H3 醫院各監測場所	122
表 H-1	Spearman 相關係數分析 H1 醫院人口數與微生物濃度	125
表 H-2	Spearman 相關係數分析 H2 醫院人口數與微生物濃度	126
表 H-3	Spearman 相關係數分析 H3 醫院人口數與微生物濃度	127

表 I-1	Spearman 相關係數分析 H1 醫院 CO ₂ 與微生物濃度	128
表 I-2	Spearman 相關係數分析 H2 醫院 CO ₂ 與微生物濃度	129
表 I-3	Spearman 相關係數分析 H3 醫院 CO ₂ 與微生物濃度	130
表 J-1	Spearman 相關係數分析 H1 醫院的 CO ₂ 影響因子	131
表 J-2	Spearman 相關係數分析 H2 醫院的 CO ₂ 影響因子	132
表 J-3	Spearman 相關係數分析 H3 醫院的 CO ₂ 影響因子	133
表 K-1	Spearman 相關係數分析 H1 醫院的溫濕度與真菌、細菌濃度 ...	134
表 K-2	Spearman 相關係數分析 H2 醫院的溫濕度與真菌、細菌濃度 ...	135
表 K-3	Spearman 相關係數分析 H3 醫院的溫濕度與真菌、細菌濃度 ...	136
表 L-1	Spearman 相關係數分析 H1 醫院室內外真菌與細菌濃度	137
表 L-2	Spearman 相關係數分析 H2 醫院室內外真菌與細菌濃度	138
表 L-3	Spearman 相關係數分析 H3 醫院室內外真菌與細菌濃度	139
表 M-1	Wilcoxon signed rank test 分析 H1 醫院真菌於早午晚時段之差異	140
表 M-2	Wilcoxon signed rank test 分析 H2 醫院真菌於早午晚時段之差異	143
表 M-3	Wilcoxon signed rank test 分析 H3 醫院真菌於早午晚時段之差異	146
表 M-4	Wilcoxon signed rank test 分析 H1 醫院細菌於早午晚時段之差異	149
表 M-5	Wilcoxon signed rank test 分析 H2 醫院細菌於早午晚時段之差異	152
表 M-6	Wilcoxon signed rank test 分析 H3 醫院細菌於早午晚時段之差異	155

第一章 前言

1.1 研究緣起

由於現代人大多數時間都待在狹窄的建築物空間中，根據美國研究調查，其居民每天平均有 88% 的時間待在建築物內，7% 的時間在搭乘交通工具，僅餘 5% 的時間待在室外，顯示出室內空氣品質 (Indoor air quality, IAQ) 對現代人的重要性 (Jones, 1999)。此外，隨著社會型態演變，人民生活作息與活動場所也逐漸轉變，因此長時間暴露在室內空氣污染物中所導致的健康問題日趨嚴重，例如病態建築物症候群 (sick building syndrome, SBS) (McGrath, 1999)，這些問題已引起各國政府及專家的重視，紛紛投入研究人力與經費，以及訂定室內空氣品質標準或法規。

台灣在此方面已跟上國際的腳步，目前行政院於民國九十七年十月九日第 3113 次院會通過「室內空氣品質管理法」草案，並呈送至立法院審查。此草案的通過，展現政府重視國民生活品質，也加速了國內推動室內空氣品質維護管理工作的腳步。環保署指出，日前台灣室內空氣污染較嚴重的問題大致上有下列三項：

1. 建築物通風設備或換氣率不良造成室內二氧化碳濃度偏高。
2. 室內傢俱或裝潢塗料含有機溶劑過多，造成揮發性有機污染物濃度過高，影響人體健康。
3. 因台灣天候溫暖潮濕，易產生生物性污染源，其中以細菌及真菌污染最為嚴重。

因此在室內空氣品質管理工作上，會選擇學校機關、醫療院所等，易交叉感染的大型公眾場所做為首要實施目標，尤其一般大型醫院人員進出量眾多，加以建築物內的空調系統設備造成室內空氣不甚流通，都是容易累積空氣汙染物與滋生生物性污染源的重要原因。尤其醫院內常有抵抗力較弱的老

年人、嬰幼童、或是免疫系統缺失的病患，更容易受生物性污染物如致病菌、孢子與過敏原等，透過遺傳性過敏、感染、直接毒性等機制影響人體健康 (Jones, 1999)，故本研究定期監測三家醫療院所室內空氣中真菌與細菌濃度，分析醫院環境影響因子，以降低院內感染、達到保障工作人員及病患健康之目的。

1.2 研究目的

許多調查報告顯示，空氣中真菌與細菌濃度除了受人員活動、空調系統以及醫院內部污染源影響外，室外空氣污染物藉由門窗、通風換氣系統進入室內也是造成污染的重要原因，特別是在夏秋兩季 (Wanner, 1993)。此外周圍環境條件的改變也會影響微生物濃度，例如相對溼度與溫度變化，與室內空氣中真菌的濃度有相當大的關係 (Sterling and Lewis, 1998; Takahashi, 1997)。

而本研究為了解現行台灣醫院的室內生物污染情況，除了評估監測場所的真菌與細菌濃度外，也利用統計方法分析各監測場所環境因子對微生物濃度所造成的影響。主要工作項目如下：

1. 定期監測醫院空氣中真菌與細菌濃度：在不同月份、時段，採樣調查醫療院所內空氣中微生物濃度之變化，同時記錄環境因子。
2. 醫院空氣中微生物濃度與法規建議值：將醫院微生物濃度監測值與國內外相關文獻或法規比較，檢測醫療院所室內空氣微生物濃度是否合乎標準。
3. 利用統計方法比較各監測場所微生物濃度，並分析環境影響因子：根據監測項目選擇適當方法的統計方法，分析各月份、室內活動人數、CO₂濃度、室內溫度、相對溼度、時段（早、午、晚）等環境影響因子的相關性，並比較各監測場所的差異。

第二章 文獻回顧

大氣層一是地球賜予我們寶貴的生存條件，除了供與生物體進行呼吸及光合作用外，它可以保持地球溫度、阻擋來自太空的碎片如隕石、冰塊、塵埃等、也會阻隔大部分太陽輻射至地球的紫外線，使地球上的生物能夠安全的生活在地表上。而大氣其實並不是均勻分布在地球表面的，其 80% 的重量都集中在海拔 13 公里以內，主要組成氣體包括 (Nevers, 2000)：

- 氮氣：78.08%
- 氧氣：20.94%
- 氫氣：0.93%
- 二氧化碳：0.04%
- 其他氣體：0.01%

但隨著科技發展，有人類居住的地方就會有環境汙染，大氣也不在例外。根據世界衛生組織 (WHO, 1999) 的定義，若以人為方法將污染物溢散到室外空氣中，依據污染物質的濃度及持續時間，使某一地區之大多數居民感到不適，或危害到廣大地區之公共衛生以及妨害人類或動植物生活，此狀態稱為空氣汙染。

由名詞的定義可發現，以前的人們對於「空氣汙染」的印象僅為發生在開放式空氣中的汙染，也就是建築物外的空氣汙染事件，但隨著科技發展伴隨著社會型態演變，一般現代人約有 90% 的時間待在室內，這些場所包括交通工具、辦公大樓、自家住宅等，與早期農業與重工業發達時代大相逕庭，室內空氣的品質逐漸引起人們注意。雖然同樣都是空氣汙染，但由於污染物質的濃度、種類以及汙染來源的不同，室內與室外空氣汙染的研究方向與量測方法也有所差異，但彼此之間又息息相關，截至目前為止室內空氣品質 (Indoor air quality, IAQ) 議題雖已逐漸引起人們重視與討論，但仍有需多方向值得我們去探討與研究。

2.1 室內空氣品質

為因應時代的演變，臺灣已開始正視室內空氣品質的重要性，依照「室內空氣品質管理法草案」中的說明（環保署，2008），室內係指供公眾使用建築物之密閉或半密閉空間，及大眾運輸工具之搭乘空間，故室內空氣品質我國定義為室內空氣的溫溼度及指標污染物之濃度。其實早在大部分人注意到這項問題以前，就有先人意識到室內空氣對人體健康的影響，但自現代建築物不可或缺的空調系統發明以來，室內空氣品質的研究方向便邁入了新的發展，較傳統建築物的自然通風更為複雜，可改變的參數具有多變性，也因此使 IAQ 研究更具挑戰。

Sundell (2004) 的研究發現，西元前希臘與羅馬人已因擁擠的城市與礦坑而意識到空氣會對人體有負面影響。其實在十八世紀以前，人們認為呼吸的功用在於冷卻心臟，空氣中的物質是不被人體需要的，空氣僅擁有冷卻功能，但人們對於人體呼出的氣體，還是有不宜再吸入人體的基本概念。到了十八世紀左右，下層社會的工人與奴隸，經常因工作或監禁場所狹小且密閉，導致身體衰弱、窒息甚至死亡，引起人們注意到——保持室內空氣流通對人體健康與維持生活舒適度有正面的影響。後來，Priestley (1733-1804) 發現了氧氣的存在、von Scheele (1742-1786) 和Lavoisier (1743-1794) 則發現了空氣至少由兩種氣體組成，而Lavoisier (1781) 同時也發現氧氣與二氧化碳會影響人體的新陳代謝，故自此之後的半個世紀，人們便知道可利用量測二氧化碳濃度來判斷空氣是否新鮮。

西元1853年，德國慕尼黑衛生學教授Pettenkofer (1818 -1901)，他主張導致室內空氣不新鮮的因素除了二氧化碳、與氧氣不足外，人體散發掉落的有機物也是原因之一，同時他也認為其實這些不良因子並不能直接導致人們生病，但其會降低人們的抵抗力，進而出現不舒服的症狀。此外，對於這個時代的室內空氣指標——二氧化碳，Pettenkofer認為其本身的重要性並不高，

但可以成為判斷人體所呼出的有害物質多寡指標，若室內二氧化碳以人體為主要散發源，通常適宜濃度為700 ppm以下，超過1000 ppm以上將不利於人們呼吸，且在這個時代，Pettenkofer和其他研究者已開始提出污染源控制的概念。

之後到了1930年代，已有少數科學家開始關注一般建築物的空調通風及IAQ對人體健康所造成的影響；而1960年代以後環保意識抬頭，越來越多社會大眾意識到地球潛藏的環境問題，包含工業或非工業所造成的室內空氣污染，也引起人們注意；其後的1970年代，科學家開始探討SBS現象，也就是不良的室內空氣品質，對建築物居民所造成的不良症狀，使現代人真正了解IAQ對人體所造成的影響及其原因，打開IAQ研究的新方向。

2.1.1 室內空氣中污染物

我國的「室內空氣品質管理法草案」裡，將室內空氣污染物定義為室內空氣中常態逸散，經長期性暴露足以直接或間接妨害國民健康或生活環境之物質，而目前常見的建築物內空氣污染物如下表 2-1 所列，但以下僅針對目前納入我國「室內空氣品質管理法草案」中的九項污染物：二氧化碳、一氧化碳、甲醛、總揮發性有機化合物 (TVOC)、懸浮微粒 (PM₁₀、PM_{2.5})、臭氧、細菌與真菌等，提出概略說明：

1. 二氧化碳

二氧化碳為無色無臭氣體，當室內未燃燒燃料時，人體新陳代謝所呼出的二氧化碳是其在室內空氣中的最大來源 (Wanner, 1993)。在普通的室內環境中，二氧化碳的濃度介於 700 至 2000 ppm，但若未使用良好的空氣設備，濃度也可能超過 3000 ppm。一般來說，當室內有 CO₂ 來源時，室內 CO₂ 濃度通常是室外的一到三倍 (Jones, 1999)，當 CO₂ 濃度超過 1.5%，會促使人

體呼吸加快，引起呼吸困難；當濃度超過 3%時，會造成頭痛、暈眩與反胃嘔吐等；當濃度高達 6-8%時，會使人昏迷甚至死亡 (Maroni et al., 1995)。

表 2-1 常見的室內空氣污染物及污染源

室內空氣污染物	污染來源
過敏原	室內粉塵、寵物、昆蟲、布類製品
石棉	防火、絕緣材料
二氧化碳	呼吸作用、燃燒、車庫廢氣
一氧化碳	燃燒燃料、鍋爐、火爐、煤氣爐、二手煙
甲醛	碎木板、家具、絕緣材料
微生物	人體、寵物、植物盆栽、空調系統、室外空氣
二氧化氮	室外空氣、燃燒燃料、車庫廢氣
有機物質	黏著劑、溶劑、建築材料、燃燒、二手煙、塗料、揮發性物質、文具
臭氧	光化學反應、空氣清淨機、印表機
懸浮微粒	再懸浮作用、二手煙、燃燒、印表機
多環芳香族碳氫化合物 (PAHs)	二手煙、燃燒燃料
花粉	室外空氣、植物盆栽
氬	土壤、建築材料(如混凝土、石頭等)
真菌孢子	土壤、植物、食物
二氧化硫	室外空氣、燃燒燃料

資料來源：Spengler and Sexton, 1983; Nevers, 2000

2. 一氧化碳

一氧化碳為燃燒不完全產生的無臭毒性氣體，二手煙或室外機動車輛的廢氣皆易使室內 CO 濃度提高。CO 對人體中的血紅蛋白與肌紅蛋白親合度極高，約是氧氣的兩百倍，故容易與血紅蛋白結合成 COHb，從而降低氧氣在人體血液中濃度，此外 CO 也會阻礙氧氣擴散進入粒線體，干擾細胞內氧化作用。CO 對人體所造成的影響常以 COHb 的百分比表示，在一般正常環境下，人體血液中的 COHb 約為 0.5%；當人長期處在 10-30% COHb 環境下，

容易使人判斷錯誤、頭痛、暈眩或是噁心嘔吐。一氧化碳的毒性主要是使人體主要器官與組織缺氧，當 COHb 濃度在 50-60% 時，易造成昏睡及抽蓄，嚴重者因心臟衰竭或窒息致死 (Jones, 1999)。

3. 甲醛

甲醛在常溫下是一種無色易溶的刺激性氣體，其可經由呼吸道或直接接觸進入人體，常見的室內污染源為建築材料及黏著劑，經過長期的動物實驗後，確定為可疑致癌物。甲醛在室外空氣中濃度通常低於 0.1 ppm，由於室內常有污染源存在，故室內濃度會高於室外，且發散速率受室內溫濕度的影響。一般室內甲醛濃大約在 0.07-1.9 ppm 之間，平均濃度約 0.5 ppm，當其濃度在室內空氣中含量為 0.05-2 ppm 時便會出現異味，可能引起噴嚏、咳嗽或著些為刺激眼睛，但這些症狀在適應暴露濃度後便會隨即消失；而濃度在 5-30 ppm 時，甲醛會刺激人體的上、下呼吸道，也會引起肺部反應；甲醛在 50-100 ppm 時則會引起肺氣腫、肺炎；當空氣中濃度達到 100 ppm 以上時，隨即導致昏迷甚至死亡；長期吸入低劑量甲醛則會引起慢性呼吸道疾病、結膜炎、咽喉炎、哮喘、支氣管炎等慢性疾病 (Jones, 1999)。

4. 總揮發性有機化合物

任何化合物的分子結構若包含碳或氫原子，可統稱為有機化合物，其又可分成揮發性、半揮發性與非揮發性。揮發性有機化合物 (Volatile Organic Compounds, VOCs) 係指沸點在 50-260°C 的有機物，在常溫下以氣體的形式存在，具有毒性、刺激性、致癌性與特殊氣味，但不包括一氧化碳、二氧化碳、碳酸鹽、碳酸、碳化物、碳酸銨等化合物，然又因 VOCs 種類繁多，若量測時不分種類一起測量的話，稱為總揮發性有機化合物 (Total Volatile Organic Compounds, TVOCs)，將其作為添加物可使材料具有良好的絕緣性與抗火性，加上 VOCs 既經濟又易於操控，故廣泛應用在建築材料上。

TVOCs 在一般家庭裡濃度約在 200-500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之間，是室外濃度的五倍以上，尤以新建築或是新裝潢房間的汙染會更為嚴重，大致上會影響皮膚和黏膜，對人體產生急性或慢性損害，引起人體免疫系統失調，影響中樞神經系統功能，出現頭暈、頭痛、嗜睡、無力、胸悶等自覺症狀；還可能影響消化系統，出現食慾不振、噁心等，嚴重時可能損傷肝臟和造血系統。除了上述 VOCs 對人體造成的直接影響，其也會與空氣中的臭氧、二氧化氮與懸浮微粒等產生化學反應，產生刺激性物質，使得只要較少劑量的 VOCs 便會對人體產生類似症狀的健康損害，為引起 SBS 的原因之一 (Jones, 1999)

5. 懸浮微粒

懸浮微粒是指以固態、結晶或液態存在於空氣中的物質，粒徑大小從 0.001 至 500 μm 都有可能，但大部分可進入人體呼吸道系統的粒子約在 0.1-10 μm 之間，而 $\text{PM}_{2.5}$ 與 PM_{10} 則分別指粒徑在 2.5 μm 或 10 μm 以下的懸浮微粒，因此粒徑範圍內的粒子最容易影響人體健康。空氣中的懸浮微粒常來自於東西燃燒所造成的煙霧，可包含有機物與無機物，如芳香族碳氫化合物、微量元素或硝酸鹽等，一般家庭的汙染源則常來自於吸菸或是烹煮時的煙霧。懸浮微粒所引起的急性健康效應包含氣喘、降低肺功能、胸痛、咳嗽、呼吸困難及其他呼吸道疾病；而其引起的慢性呼吸效應則有支氣管炎、肺氣腫、肺癌、呼吸道防衛機能減退等 (Jones, 1999)。

6. 臭氧

臭氧是一種具有魚腥味、穩定性高、活化性極強的氣體，在大氣中具有薄薄的一層，替地球阻擋過多的紫外線射入，而生活上經常應用在消毒殺菌方面，凡是使用紫外線或是可以導致空氣離子化的設備都可能產生臭氧，其室內來源主要為影印機、臭氧空氣清淨機或臭氧蔬果清洗機。臭氧雖有殺菌功能，但直接吸入卻會危害健康，因為它對呼吸系統具刺激性，會引起咳嗽、氣喘、頭痛、肺功能降低、呼吸道發炎、減低肺對傳染病及毒素的抵抗力，

嚴重時還會引起肺水腫。另一方面，臭氧也易與周圍物質的表面產生化學反應，例如家具、地毯、衣服織物等，使這些物質釋放出揮發性氧化物，其對人體健康所造成的負面影響甚至大於臭氧本身 (Britigan et al., 2006)。

7. 真菌與細菌

生物氣膠泛指由微生物、動植物碎屑等有機體粉塵所構成的氣膠狀或顆粒狀物質，粒徑範圍可小至 0.1 μm 的病毒大小，也可以是比 100 μm 大的真菌孢子，其可呈單獨個體或是聚集的狀態，包含死細菌、致病性或非致病性生物、真菌、病毒、內毒素、真菌毒素、花粉、植物纖維等。它們對人體健康常有負面影響，尤其現代建築物大多有空調設施，通風效果通常不佳，加以人口密度高，導致暴露在生物氣膠中的風險度提高許多 (Douwes et al., 2003)。

目前室內最常見的生物氣膠污染物為真菌與細菌，尤其在氣候濕熱的國家，其引起的室內污染問題更為普遍，它們所引起的病症大致上可分為過敏 (allergy)、感染 (infection)、中毒 (toxicity) 等三大種，其中又以過敏與感染最為常見。由真菌引起的常見過敏反應包含過敏性氣管肺炎、加重遺傳性過敏症、鼻炎、氣喘等，例如真菌中的 *Penicillium* 與 *Aspergillus*、以及細菌中的 *Saccharopolyspora rectivirgula* 與 *Thermoactinomyces vulgaris* 在濃度高的情況下，容易引起過敏性肺炎 (hypersensitivity pneumonitis)，此外真菌種類如 *Alternaria*、*Penicillium*、*Aspergillus* 與 *Cladosporium*，被認為容易產生第一型過敏原以及 IgE (Immunoglobulin E) 致敏反應，會引起氣喘等呼吸道過敏疾病 (Douwes et al., 2003; 于，2007；潘和張，2009)。

與真菌相較之下，細菌較少引起過敏反應，其多數都是引起感染性疾病，如格蘭氏陰性菌的感染易導致傷寒或腦膜炎，會產生發燒、虛弱、疼痛、休克等症狀，而格蘭氏陽性菌則易導致白喉、破傷風、壞疽病 (gas gangrene) 等，影響人體細胞的特定構造或機能。此外 *Staphylococcus aureus* 也是醫院常見

的外科手術感染菌種之一，其他常見由細菌感染的呼吸道疾病尚有肺結核、肺炎、退伍軍人症 (Legionnaires disease)、龐提亞克熱 (Pontiac fever)、腦膜炎等。而真菌感染部分則包括皮膚或呼吸道感染，如組織漿菌症 (Histoplasmosis) 等，另外某些真菌的代謝產物—真菌毒素 (mycotoxins) 也會造成人體的中毒反應，甚至有潛在的致癌危險 (Douwes et al., 2003; Jones, 1999; 于, 2007; 潘和張, 2009)，表 2-2 與 2-3 四分別列出了室內空氣中常見的細菌與真菌種類。

上述這些病症最容易影響嬰幼兒、老年人、抵抗力或是免疫系統不良的病患。根據衛生署疾病管制局民國九十五年院內感染監視通報系統的資料顯示，呼吸道部位感染在院內總感染事件中高居第三位 (約 10% 至 25%)，14 家醫學中心加護病房內共有 771 人受此感染，非加護病房則有 770 人 (行政院衛生署疾病管制局, 2005)，顯示出醫院室內空氣品質需嚴格要求。

表 2-2 室內空氣中常見的細菌菌屬

Bacteria genera	Reference
<i>Bacillus</i>	Kim and Kim, 2007; Pastuszka et al., 2005; 于, 2007; 黃等, 2006
<i>Micrococcus</i>	Kim and Kim, 2007; Pastuszka et al., 2005; 于, 2007; 黃等, 2006
<i>Staphylococcus</i>	Kim and Kim, 2007; Pastuszka et al., 2005; 于, 2007; 黃等, 2006
<i>Corynebacterium</i>	Kim and Kim, 2007; Pastuszka et al., 2005; 于, 2007
<i>Microrobacterium</i>	Pastuszka et al., 2005; 于, 2007
<i>Enterobacteriaceae</i>	Kim and Kim, 2007; 黃等, 2006
<i>Enterococcus</i>	Kim and Kim, 2007
<i>Escherichia (E Coli)</i>	Kim and Kim, 2007
<i>Streptococcus</i>	Kim and Kim, 2007

表 2-3 室內空氣中常見的真菌菌屬

Fungi genera	Reference
<i>Aspergillus</i>	Kim and Kim, 2007; Lee and Jo, 2005; Lee et al., 2006; Ortiz et al., 2009; Salonen et al., 2007; Su et al., 2005; Zorman and Jersek, 2008; 潘和張, 2009; 黃等, 2006
<i>Cladosporium</i>	Kim and Kim, 2007; Lee and Jo, 2005; Lee et al., 2006; McGrath et al., 1999; Salonen et al., 2007; Su et al., 2005; Zorman and Jersek, 2008; 潘和張, 2009
<i>Penicillium</i>	Kim and Kim, 2007; Lee and Jo, 2005; Lee et al., 2006; McGrath et al., 1999; Salonen et al., 2007; Su et al., 2005; Zorman and Jersek, 2008; 潘和張, 2009; 黃等, 2006
<i>Alternaria</i>	Lee and Jo, 2005; McGrath et al., 1999; Su et al., 2005; Zorman and Jersek, 2008; 潘和張, 2009
<i>Rhizopus</i>	Lee and Jo, 2005; Ortiz et al., 2009; Salonen et al., 2007; Zorman and Jersek, 2008; 潘和張, 2009
<i>Mucor</i>	Lee and Jo, 2005; Ortiz et al., 2009; Zorman and Jersek, 2008; 潘和張, 2009
<i>Paecilomyces</i>	Lee and Jo, 2005; Lee et al., 2006; Salonen et al., 2007; 潘和張, 2009
Yeast	Lee et al., 2006; Salonen et al., 2007; Su et al., 2005; 潘和張, 2009
<i>Aureobasidium</i>	Lee and Jo, 2005; Salonen et al., 2007; 潘和張, 2009
<i>Fusarium</i>	Lee and Jo, 2005; Zorman and Jersek, 2008; 潘和張, 2009
<i>Botrytis</i>	Lee and Jo, 2005; 潘和張, 2009
<i>Chrysosporium</i>	Lee et al., 2006; 潘和張, 2009
<i>Geotrichum</i>	Zorman and Jersek, 2008; 潘和張, 2009
<i>Nigrospora</i>	Lee and Jo, 2005; 潘和張, 2009
<i>Phoma</i>	Lee and Jo, 2005; Salonen et al., 2007
<i>Scopulariopsis</i>	Zorman and Jersek, 2008; 潘和張, 2009
<i>Sporophrix</i>	Lee et al., 2006; 潘和張, 2009
<i>Stachybotrys</i>	Salonen et al., 2007; 潘和張, 2009
<i>Trichoderma</i>	Zorman and Jersek, 2008; 潘和張, 2009

2.1.2 室內空氣品質標準

由於室內空氣品質逐漸受人重視，國際上相繼訂定 IAQ 相關規定，但部分國家僅採建議制，部分國家則為法規強制規定，表 2-5 為國內外室內法規標準或建議值。我國環保署曾於九十四年十二月三十日公告「室內空氣品質建議值」(表 2-5)，規定檢測項目包含二氧化碳、一氧化碳、甲醛、TVOC、細菌、真菌、PM₁₀、PM_{2.5}、臭氧、溫度等十項，並根據公共場所之特性將其分成第一類與第二類，前者係指對室內空氣品質有特別需求之場所，將採用較嚴格標準值，例如醫療院所、學校、兒童遊樂場所、老人或殘障照護場所等；後者則指一般大眾聚集之公共場所及辦公大樓，如營業商場，交易市場、展覽場所、地下街、大眾交通運輸工具等(行政院環保署，2005)。

在民國九十七年「室內空氣品質管理法」草案通過後，接下來的立法院委員會議中，環保署指出第一類場所是將來法令推動的先行場所，故醫院這類對於空氣品質要求特別嚴格之公共場所，為維護病患與員工健康安全以及因應未來法規，需提早注意目前室內空氣品質程度，並同時參考他國醫院 IAQ 檢測數值與建議標準，為將來院內 IAQ 管理建立一系列標準流程。

然而目前國內對於室內空氣中生物性汙染物管理標準，僅粗分為第一類與第二類場所，但對於擁有許多不同醫療部門的醫院還是略顯寬鬆不足，為降低院內的生物氣膠暴露風險，管理上可參考美國冷凍空調協會 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE) 針對醫院細菌感染訂定的建議值 (表 2-4)，其將醫院部門分為三類，對於不同的清潔要求程度來訂立標準。

表 2-4 醫療院所各類型部門室內空氣中細菌菌落建議值

要求級別	菌落數 (CFU/m ³)	房間類型
高度清潔區域 (清潔度 I)	<10	器官移植與心導管手術等特殊外科手術室、保護性隔離病房、填充或配製注射液等製藥室
清潔區域 (清潔度 II 及 III)	<200	一般無菌或其他手術室、急診手術室、供應中心、嬰兒室、手術室旁其他房間、中央滅菌室、手術後恢復室、加護病房、早產兒室、產房
準清潔區域 (清潔度 IV)	200-500	普通病房、盥洗室、治療室、更衣室、休息室、走廊、浴室、診療室、儲存室、滅菌儲存室、實驗室、廚房、洗衣服等其他房間

資料來源：ASHRAE, 2007



表 2-5 各國 IAQ 法規標準值或建議值

國家	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	HCHO (ppm)	TVOC (ppm)	O ₃ (ppm)	PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	Bacteria (CFU/m ³)	Fungi (CFU/m ³)	Temp (°C)	
台灣	第一類	600- 8 hr	2- 8 hr	0.1- 1 hr	3-1 hr	0.03- 8 hr	60- 24 hr	100- 24hr	500	1000	15~28
	第二類	1000- 8 hr	9- 8 hr			0.05- 8 hr	150- 24 hr		1000		-
香港	卓越級	< 800	< 1.7	< 0.024	< 0.087	< 0.025	< 20	-	<500	-	20~25.5
	良好級	< 1000	< 8.7	< 0.081	< 0.261	< 0.061	< 180	-	<1000	-	< 25.5
中國	0.1 (%) -month	10 (mg/m ³) -1 hr	0.1(mg/m ³) -1 hr	600 (µg /m ³) -8 hr	0.16 (mg/m ³) -1 hr	150- 24 hr	-	2500	-	夏 22~28 冬 16~24	
日本	1000	10	0.08	400 (µg/m ³)	-	150	-	-	-	17~28	
新加坡	1000- 8 hr	9- 8 hr	0.1- 8 hr	3	0.05- 8 hr	150	-	500	500	22.5~25.5	
南韓	A	1000	10			150 (µL/m ³)		-			
	B	1000	10	120 (µL/m ³)		100 (µL/m ³)		800			
	C	1000	25			200 (µL/m ³)		-			
美國 NAA QS	Primary	-	9- 8 hr 35- 1 hr	-	-	0.12- 1 hr	150- 24 hr	65- 24 hr	-	-	
	Secondary	-	-	-	-	0.08- 8 hr	50- year	15- year	-	-	
美國 OSHA	5000- 8 hr	50- 8 hr	2- 15 min 0.75- 8 hr	-	0.1- 8 hr	-	5 (mg/m ³) - 8 hr	-	-	-	
加拿大	3500- 24 hr	25- 1 hr 11- 8 hr	0.10- action 0.05- target	-	-	-	100- 1 hr 40- 24 hr	-	-	-	

表 2-5 各國 IAQ 法規標準值或建議值 (續)

國家	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	HCHO (ppm)	TVOC (ppm)	O ₃ (ppm)	PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	Bacteria (CFU/m ³)	Fungi (CFU/m ³)	Temp (°C)
澳洲 NHMRC	-	9- 8 hr	0.1	500- hr	0.1- 1 hr 0.08- 4 hr	90- year	-	-	-	-
WHO	-	30 (mg/m ³) - 1 hr 10 (mg/m ³) - 8 hr	0.1 (mg/m ³) - 30 min	-	100 (µg/m ³) - 8 hr	50- 24 hr 20- year	25- 24 year 10- year	-	-	-
英國	-	25- 1 hr 10- 8 hr	0.1 (mg/m ³) - 30 min	300- 8 hr	100 (µg/m ³)					
S1	700	2 (mg/m ³)	30 (µg/m ³)	200	20 (µg/m ³)	20				夏 23~24 冬 21~22
芬蘭 S2	900	3 (mg/m ³)	50 (µg/m ³)	300	50 (µg/m ³)	40				夏 23~26 冬 20~22
S3	1200	8 (mg/m ³)	100 (µg/m ³)	600	80 (µg/m ³)	50				夏 22~27 冬 20~23
瑞典	-	10 (mg/m ³) - 24 hr	-	-	-	50- 24 hr 40- year	-	-	-	16~27
德國 MAK	5000- 8 hr 10000- 1 hr	30- 8 hr 60- 30 min	0.3- 8 hr	-	0.12- 1 hr	4 (mg/m ³) - 8 hr	1500 For < 4 µm	-	-	-

資料來源：行政院勞工委員會，2007。

註：標準值的表示方式為「平均濃度-連續監測的時間」，如 600-8hr，表示連續監測八小時的平均濃度為 600 單位。

2.2 生物氣膠污染物的採樣及定量方法

2.2.1 採樣方法

一般生物氣膠的採樣皆是藉由可控制空氣流量的抽氣馬達，將室內空氣抽引至生物氣膠收集系統，再根據收集系統原理計算出生物氣膠濃度。目前市面上流通之收集系統大致上可分為慣性與非慣性，前者係利用粒子的慣性，使粒子從氣流中分離，被液態或固態收集介質捕捉，這類型的採樣器又可根據分離機制不同，分為衝擊式 (impaction)、撞擊式 (impingement)、離心式 (centrifugation) 等三類；而非慣性收集系統則是直接使氣流通過多孔介質，達到分離微粒與氣流的效果，另外也可利用電力來捕捉氣膠微粒，此類收集系統常見的有過濾式 (filtration) 採樣器 (Martinez, 2004)。然而這些採樣器所收集的生物氣膠微粒不一定具有生命現象 (也就是具新陳代謝機制或是繁殖作用)，如花粉、死細菌、微生物片段等，我們稱這些不具有生命現象的生物氣膠為 nonviable bioaerosols，反之則稱為 viable bioaerosols，這兩種微粒性質的差異，會導致在採樣器的選擇及定量技術的選用上有所不同。

而 viable bioaerosols 雖然具有生命現象，為可繁殖的微生物，但並不是所有微生物皆可以在實驗室中培養，尚需根據微生物的生長條件如溫濕度、營養成分等決定，若因無法達到微生物生長條件，導致無法在實驗室培養下繁殖的微生物稱 nonculturable organisms，反之可在實驗室中培養的微生物則稱為 culturable organisms，這類可培養的微生物除了可計量微生物濃度，尚可用來鑑定空氣中微生物種類分佈，但因培養上的限制，計量上常會出現低估情形 (Jensen and Millie, 1998)。因此根據欲收集的生物氣膠種類、粒徑、濃度以及採樣環境的特性，從多樣化的採樣器中挑選出適合的採樣器也是一大課題，目前世界各國的標準方法或是環保法規中，皆未強制規定採樣器的

型式，僅由檢測人自行判斷選用，以下僅針對市面上常見的幾項生物氣膠採樣器作概略介紹。

1. Impaction

衝擊式採樣器構造通常包含一至多個噴孔 (nozzle，圓孔形或狹縫型) 與衝擊目標，其收集效率與生物微粒的氣動直徑 (aerodynamic diameter, d_{ac}) 有關， d_{ac} 定義為當某粒子和 1 g/cm^3 密度的圓球粒子沉降速度相同時，則此 1 g/cm^3 圓粒直徑即為該粒子之氣動直徑，當生物氣膠隨著氣流衝撞到噴孔時， d_{ac} 大於噴孔截取粒徑 (cut-off diameter, d_{50}) 的微粒會被截留，小於噴孔 d_{50} 的微粒則會通過噴孔，進而被衝擊目標所收集，而收集微粒的衝擊目標通常是培養皿，其內可盛裝濾紙、油脂或是培養基等，視欲收集微粒性質來決定 (Jensen and Millie, 1998)。目前市面上的衝擊式採樣器型式相當多種，以下就文獻中較常見的採樣器，分成 culturable 與 nonculturable 兩類簡單介紹，並將採樣器的截取粒徑範圍列於圖 2-1。

(1) culturable

Andersen (1958) 改良了原來的衝擊式多孔階層採樣器 (multi-hole cascade impactor aerosol collector)，將衝擊目標改為盛裝培養基 (agar) 的培養皿，藉由培養後計算菌落數，便可測量空氣中可培養的細菌或真菌濃度，而多階採樣器的主要功用為利用每階噴孔的截取粒徑不同，可用來採集不同粒徑的微生物，得知空氣中微生物的粒徑分布，此種採樣器便是至今仍被經常使用的 Andersen six-stage viable sampler (Andersen 6-STG)，其各階層收集粒徑以及微粒對人體呼吸系統的貫穿程度均列於表 2-6。隨後有人以 Andersen 6-STG 為原型，發展出 Andersen two stage viable sampler (Andersen 2-STG) 與 Andersen single stage viable particle sampler (Andersen 1-STG, or Andersen N6 single stage viable impactor)，前者的兩階分別收集無法吸入人體以及可吸入人體的生物微粒，而後者則取自 Andersen 六階採樣器的第六

階，其收集粒徑範圍相當於一整臺 Andersen 六階採樣器，此兩種生物氣膠採樣器均為 NIOSH 所推薦使用來採集可培養微生物 (Lonon, 1998; Martinez et al., 2004)。

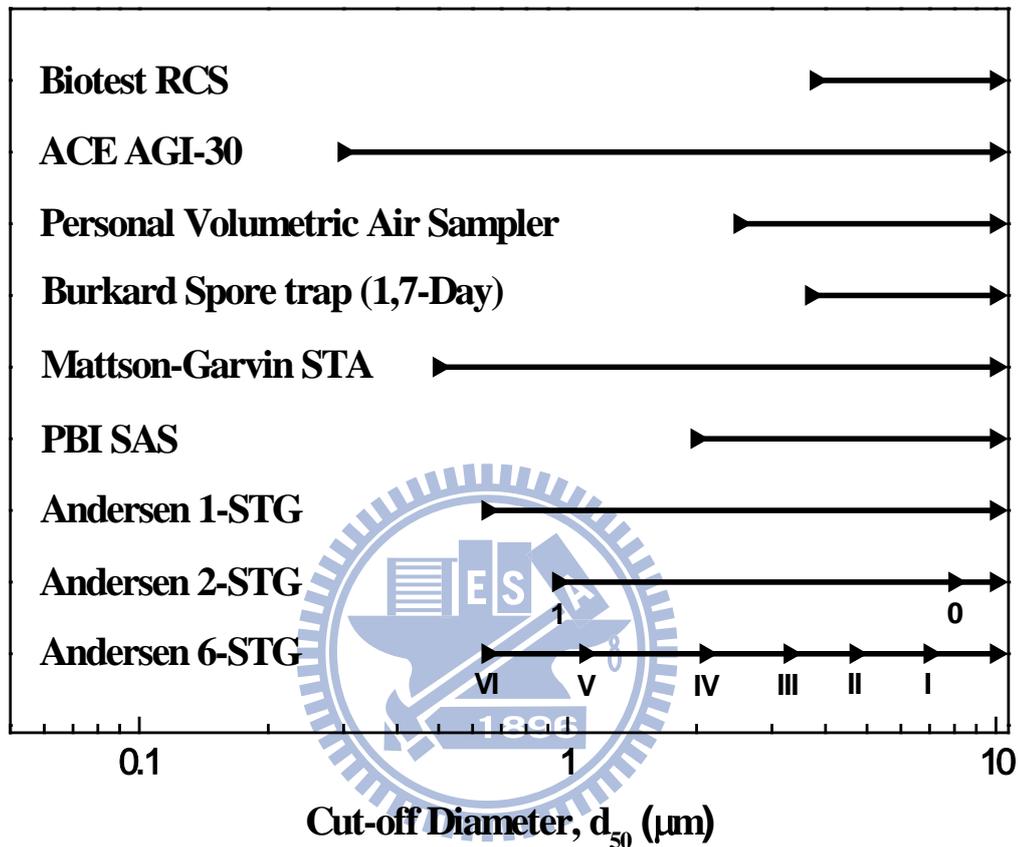


圖 2-1 市面上常見的生物氣膠採樣器之截取粒徑

表 2-6 Andersen 6-STG 各階收集粒徑與人體呼吸道貫穿程度

階層	收集粒徑 (μm)	呼吸系統貫穿程度
1	7 以上	無法吸入 (nonrespirable)
2	4.7-7	咽喉 (Pharynx)
3	3.3-4.7	氣管 (Trachea) 與主支氣管 (primary bronchi)
4	2.1-3.3	次級支氣管 (secondary bronchi)
5	1.1-2.1	終末細支氣管 (terminal bronchi)
6	0.65-1.1	肺泡

資料來源：Martinez et al., 2004

上述 Andersen 系列採樣器，使用上均為固定在定點測量，採樣所得數值為環境空氣中微生物濃度，對於評估個人的生物氣膠暴露情形較不夠準確，故因 Surface Air Sampler (SAS) 使用內建以電池為動力的抽氣幫浦，屬便攜式 (portable) 多孔採樣器，可應用於個體生物氣膠暴露情形測量，其衝擊目標為盛裝培養基的 RODAC 培養皿 (Replicate organism detection and counting plate)。另外尚有 slit-to-agar sampler (STA)，其以一個 1 mm 的狹縫取代多噴孔，衝擊目標為放置在旋轉底座上的培養皿，使培養基表面可均勻接觸氣流，可用於稍長時間的採樣 (約 20-60 分鐘) (Martinez et al., 2004)。

(2) nonculturable

nonculturable 採樣器通常用來收集供顯微鏡分析的生物氣膠，可作為計數或鑑定用途，常用來研究空氣中花粉與真菌孢子種類，以供疾病傳播與治療研究。Hirst (1952) 設計了吸捕式採樣器 (suction trap)，其透過一狹孔吸捕空氣中真菌孢子，使孢子隨氣流衝擊到塗佈凡士林的玻璃載玻片上，便可應用於顯微鏡觀察，目前市面上常見的此類型採樣器有 Burkard volumetric spore trap，其優勢在於能有效收集室外生物氣膠並計量濃度。若將上述採樣器改良成體積較小及使用電池做為能源的幫浦，便為方便攜帶的 Burkard personal volumetric air sampler，其保存了 suction trap 採集效率高的優點，但不適用於長時間採樣 (Martinez et al., 2004)。

2. Impingement - culturable

impinger 其實就是以液體最為衝擊目標的一種特殊 impactor，其以高速抽引空氣，使粒子產生慣性力撞擊到底盤緩衝液，便可為液體所收集，此類型採樣器為增加所收集微生物的活性、提升微生物收集種類、預防緩衝液產生泡沫或濺起、降低對微生物的傷害等作用，會添加蛋白質、去泡劑、防凍劑等添加物，對於乾燥的易感染性微生物，以 impingers 採樣可使微生物的存活率較高。然而採樣器的高速抽引空氣也會使粒子高速衝擊緩衝液，對微

生物造成額外的壓力、使粒子彈出緩衝液外或使緩衝液產生泡沫，進而降低採集效率(Lonon, 1998; Martinez et al., 2004)。

大部分 impinger 為玻璃製的一階採樣器，文獻中常見的型號為 All-Glass Impinger (AGI)，優點為價格低廉、易於操作與消毒，其噴嘴 (jet) 為一彎曲的短毛細管，此構造不但可以減少微生物衝擊到緩衝液時所產生的損害，且其機制與人體鼻腔吸入微粒的情形相似，較大的微粒（無法吸入人體，nonrespirable）會因慣性力滯留在毛細管壁上，而其他可吸入人體(respirable)的較小微粒 則通過毛細管被緩衝液收集，此作用使 AGI 可有效應用於感染性微生物的研究上，而緩衝液通常為簡單的鹽類溶液如磷酸鹽溶液所構成，若量測目標為空氣中總微生物濃度，採樣結束會使用已知體積的緩衝液衝洗毛細管，以得到 nonrespirable 微粒，之後收集緩衝液以 0.45 μm 濾紙過濾，再將濾紙放置在適合的培養基裡培養，便可用於計量濃度及鑑定菌種(Lonon, 1998; Martinez et al., 2004)。

3. Centrifugation - culturable

離心式採樣器如 Biotest Reuter Centrifugal bioaerosol sampler (RCS)，為使用電池能源幫浦的便攜式採樣器，進流空氣會旋轉然後利用離心力使較大的生物微粒撞擊到培養基表面，但是此類型採樣器不適用於採樣真菌，因其含有孢子構造，可能會造成真菌生長過多導致測量濃度偏高。而離心式採樣器對於進流空氣流量計算與其他類型採樣器較為不同，可分為採樣空氣總體積 (sample volume) 與分離生物氣膠的氣流體積 (separation volume)，前者在採樣器葉輪 (impeller) 轉速 4096 rpm 下，建議流量為 280 L/min，後者則由製造廠商根據進流氣體在指定半徑上的速度剖面圖，以數學方式計算，作為微生物定量計算時的空氣體積 (Martinez et al., 2004)。

4. Filtration

過濾式採樣器顧名思義為利用濾紙來收集生物微粒，這些濾紙材質大致上可分為由纖維層疊覆蓋產生孔隙的多孔纖維 (porous fibrous)、由膠體疊蓋產生孔隙的多孔膠膜 (porous gel membrane) 以及由單層均勻大小孔洞所構成的毛細管膜 (capillary pore membrane) 三大類，此三類中常應用於生物氣膠收集的材質包含玻璃纖維、混和纖維素酯 (MCE)、聚氯乙烯、聚碳酸酯、聚四氟乙烯 (PTFE或稱鐵氟龍)、明膠等 (Martinez, 2004)，選用上需根據目標污染物的種類或是採用的分析方法而定，例如欲應用於測重分析，需選擇不吸濕的玻璃纖維或聚氯乙烯濾紙；欲應用於顯微鏡分析，選擇MCE或聚碳酸酯濾紙 (Lonon, 1998)；欲收集真菌孢子，可選擇毛細管膜類濾紙，再使用掃描式電子顯微鏡、螢光顯微鏡、流式細胞儀或直接培養分析；明膠濾紙則可以溶化於營養素中，應用於培養分析 (Eduard and Heederik, 1998)。

濾紙主要是藉由衝擊與阻截作用 (interception) 來捕集微粒，衝擊作用為當較大較重的微粒流經濾紙時，會因慣性而脫離氣流撞向濾紙；阻截作用則發生在當微粒流入濾孔後，彎曲的孔洞會破壞微粒流速平衡，微粒進而因慣性力附著在孔洞彎曲處，其他如因濾紙與微粒之間靜電力產生的沉澱作用 (electrostatic deposition)、地心引力造成微粒沉澱 (Gravitational settling)、Brownian motion導致細小微粒附著濾紙的機會大增 (diffusion) 等，皆是造成微粒被捕集的原因之一。因此一般濾紙孔徑雖在0.1-10 μm 之間，當微粒粒徑大於所選的濾紙孔徑時，捕集效率可達100%；若微粒粒徑小於孔徑時，也會因上述作用達到良好的捕集效率 (Lonon, 1998; Martinez et al., 2004)。

採樣時濾紙通常裝設在open-face或closed-face plastic filter cassettes，使用真空馬達抽引空氣，使用的濾紙直徑為37或47 mm，因為在一定的空氣流量下，濾紙面積越大可使氣流通過濾紙時的壓降減低，壓降通常與濾紙的收集效率成負相關；而濾紙面積越小則會使微粒集中沉澱，導致濾紙單位面積

的顆粒密度提高，可應用於顯微鏡分析空氣中濃度較低的微生物。此類型採樣器最常使用的規格為37 mm closed-faced cassette，空氣流量為2 L/min，但是其常因組裝過程不當或是微粒不均勻沉澱導致滲漏。這些過濾式採樣器在生物氣膠採樣上，經常用於收集可抗乾燥的真菌或內芽孢 (endospore) 型態細菌，隨後經沖洗濾紙得到含微生物的水溶液，水溶液可用於培養、再過濾 (使其平均分布於新濾紙上，然後放置在適當的培養基裡培養) 或顯微鏡染色觀察。此類收集方法因為可以選擇適當的稀釋倍率，故可彈性應用於未知濃度的生物氣膠採樣，但也由於高稀釋倍率下，可能僅留存優勢菌種，犧牲掉原本就低濃度的弱勢菌種 (Lonon, 1998; Martinez et al., 2004)。

2.2.2 生物氣膠採樣器比較

Jensen et al. (1992) 從慣性採樣器的三大類中，選出八種不同採樣器：Andersen 1-STG、Andersen 2-STG、Andersen 6-STG、PBI SAS、STA、RCS、Gelman 47-mm membrane filter air samplr、AGI-30，置於一密閉槽中，噴灑 *E. coli* 與 *Bacillus subtilis* 之細菌氣膠，偵測其收集培養之效率，各種採樣器的 d_{50} 如圖一所示。採樣器的截取粒徑越小，表其可收集到較小顆粒的生物氣膠粒子；截取粒徑橫跨的範圍越廣，表其可收集的粒徑範圍越廣。故從圖 2-1 可看出截取粒徑範圍較廣的採樣器依序為 AGI-30、STA、Andersen 6-STG、Andersen 1-STG 等四種，而根據其測試八種採樣器的實驗結果，對於 *E. coli* 與 *Bacillus subtilis* 採樣效率最好的採樣器則依序是 Andersen 6-STG、AGI-30、Andersen 1-STG、STA，由於可能受採樣器收集原理或污染物種類影響，試驗結果雖無與採樣器 d_{50} 廣度順序相同，但收集效率皆優於其他採樣器。

Li and Lin (1999) 則比較三種衝擊式採樣器：Andersen 1-STG、MAS-100 以及 Burkard portable air sampler 的收集效率，同時針對採樣器操作時間對於

細菌培養效率的影響。此實驗方法與 Jensen et al. (1992) 類似，也是將採樣器放置於密閉槽中，噴灑 *E. coli* 與 *Bacillus subtilis* 之細菌氣膠，偵測其收集培養之效率，採樣時間則由最小 0.1 至最大 60 分鐘。其研究結果顯示，Andersen 1-STG 的收集效率明顯優於其他兩個採樣器，而採樣時間越短，則會提高所收集細菌之培養效率。

與上述在實驗室已知條件下測試採樣器的收集效率不同，Lee et al. (2004) 使用 RCS、Andersen 1-STG、SAS-90、Air-o-Cell 四種採樣器在加拿大溫哥華七十五棟公眾建築物中，量測室內與室外真菌濃度，綜合評估實驗結果後，指出四種可培養式採樣器中，Andersen 1-STG 最適於用來採集可培養的真菌氣膠微粒，使用 SAS 則容易低估空氣中真菌濃度，而 RCS 由於空氣流量易產生變化，不適用於定量真菌濃度，Air-o-Cell 則因為實驗結果有良好的再現性以及較高的收集效率，故也適用於量測空氣中真菌濃度，但由於其非以培養方式分析，對於鑑定菌種易有應用上的問題。

因此在採樣器的選擇上，除了根據前述文獻研究，美國工業衛生協會 (AIHA) 與美國職業安全及健康研究院 (NIOSH) (Lonon, 1998) 所提供之室內空氣微生物檢測方法，皆建議 Andersen 1-STG 採樣器為常用且可行性佳之採樣器，故本實驗採用此種儀器進行醫院生物氣膠濃度量測。

2.2.3 細菌與真菌濃度定量方法

根據生物微粒的特性及採用的採樣器類型，空氣中微生物定量方法可分為 culturable 與 nonculturable，分別敘述如下：

1. Culturable

傳統上微生物培養通常使用於菌種鑑定，根據不同微生物所需的營養素與生長環境，將其培養在半固體培養基 (agar) 上，應用於室內空氣品質測量時，可藉由採樣後經培養計算菌落數，得到空氣中微生物濃度，但也由於

培養上的限制，經常會出現可培養微生物濃度低估情形，且不適用於病毒、傳染性微生物或病原體。然而因為各種微生物的需求不同，目前尚無任何全面性培養基可培養所有的微生物，故在量測空氣中可培養微生物濃度時，僅選擇無篩選性的培養基如培養真菌的 dichloran glycerol 18 (DG18) agar、rose bengal agar (RBA)、malt extract agar (MEA)、培養細菌的 R2A agar、tryptic case soy agar (TSA)、casein soy peptone agar (CSPA)、nutrient agar (NA) 等。除了菌種與菌種之間的相互作用可能抑制或促進微生物生長，為使這些培養基僅生長所期望的微生物，可額外添加除必需營養素外的化學藥劑以達到目的，如在培養真菌的培養基中會增添氯四環素 (chlortetracycline)、鏈黴素 (streptomycin)、氯黴素 (chloramphenicol)、等抗生素以抑制細菌生長，在培養細菌的培養基中則會添加環己醯亞胺 (cycloheximide) 以抑制真菌生長，另外有些真菌培養基為限制生長快速的菌種如 *Mucor* 或 *Rhizopus*，也會添加減緩其生長速度的藥劑 (Eduard and Heederik, 1998; Lonon, 1998; Martinez et al., 2004)。

當微生物採樣至適合的培養基上，需根據微生物種類予以適當的溫度與時間培養，如大部分真菌於室溫下培養 3-7 天、細菌於 25-30°C 下培養 7 天，高溫放射菌則於 45-56°C 下培養 7 天以上，培養後便可透過肉眼計算培養基上菌落數，同時也可根據觀察或特定方式鑑定部分菌種，如真菌方面可透過菌落的生長情形與感官感覺 (如顏色、外表、氣味、構造)，細菌方面則可透過菌落型態、產生的代謝物、格蘭氏染色、培養於特殊生長條件或特殊基質篩選等方式。計數時，通常以 colony forming units (CFU) 做為菌落數的單位，其除以採樣器進流的空氣體積便是生物氣膠的濃度單位，常用單位為 CFU/m³，通常一個培養皿內推薦的菌落數範圍在 30-300 CFU 之間，但菌落大小與菌落在培養基上的密集度也會影響計數的準確性，例如當菌落數過於

密集或集中生長於某區塊，菌落與菌落間可能會互相融合，造成低估情形 (Eduard and Heederik, 1998; Lonon, 1998; Martinez et al., 2004)。

當採樣器的衝擊目標為培養基時，可直接將培養基置於適當條件下進行培養，而當採樣器的衝擊目標為 impinger 的收集液、filter 的萃取液、明膠或纖維素膜濾紙時，除了可直接置於培養基中培養，還可進行一系列各種倍率的稀釋步驟，再利用平板稀釋 (dilution plating) 法培養，使用此方法的優點為可避免培養皿菌落生長超載、可在最適菌落密集度下計數、以及可在多種培養基、溫度與時間條件下培養，使不同生長環境的微生物皆得以計數，缺點為微生物收集液、萃取液以及稀釋液的成分會影響所收集微生物的培養率，另外由於這些液體可能會使原本為聚合狀態的微生物分散或被切斷，導致計數結果經常高於直接採樣於培養基上後培養 (Eduard and Heederik, 1998; Martinez et al., 2004)。

2. Nonculturable

使用非培養方法定量微生物的主要工具為顯微鏡，根據顯微鏡的原理可分為光學顯微鏡技術 (light microscopy, LM)、發射螢光顯微鏡技術 (fluorescence microscopy, FM) 以及掃描式電子顯微鏡技術 (scanning electron microscopy, SEM)，當直接以顯微鏡計算氣膠顆粒數量時，尚需參考顯微鏡計數範圍面積、樣品沉澱範圍面積、採樣器空氣進流量來計算，才能得到生物氣膠濃度的測量值，其優點為可同時計算 culturable 與 nonculturable 生物微粒，缺點則是若生物氣膠若聚集成團，易影響顆粒計數的準確性。然而隨著顯微鏡技術的發展與結合其他科技技術，近年來也有人使用可自動計數的流式細胞技術 (flow cytometry) (Martinez et al., 2004)，其與前述三個顯微鏡技術各有其優劣與適用時機，茲分別敘述如下：

(1) Light microscopy

光學顯微鏡技術可根據生物氣膠的大小、形狀、顏色或構造，用來直接計算如真菌、細菌、孢子、花粉、塵 蟎等顆粒之數量，尤其特別適用於孢子計數，而採樣器方面則可應用於以載玻片為衝擊目標的 impactor、採用聚碳酸酯或纖維素酯濾紙的過濾式採樣器。除了生物氣膠顆粒定量方面的運用，光學顯微鏡技術也可用來分析微生物種類或特性，例如透過格蘭氏染色法，可分辨細菌為格蘭氏陽性或陰性菌，此兩類細菌各有其特性與構造，但由於光學顯微鏡解析度不足，無法由細菌的外觀型態鑑定其種類；而對於真菌孢子，則可透過顯微鏡觀察其外型，比對文獻記錄的外觀形態，分析出真菌種類，但針對粒徑較小的真菌孢子，依然存在辨識上的困難度 (Eduard and Heederik, 1998; Martinez et al., 2004)。

(2) Fluorescence microscopy

螢光顯微技術是以螢光染料染色微生物，利用紫外光射在螢光物質上會激發出可見光的特性，採用波長較短的紫外光為光源，藉以標定目標微生物，可達較光學顯微技術高的解析度，但其缺點為設備昂貴、操作複雜且標本事前準備費時。不同的螢光染料可用來標定某些特定的微生物或微生物的不同部位，如 6-diamidino-2-phenyl-indole (DAPI) 可用來標定細胞 DNA、fluorescein isothiocyanate (FITC) 可用來標定蛋白質、fluorescein diacetate (FDA) 可用來標記 viable 真菌、而 Acridine orange 則是最常被使用的螢光染料，可用來分辨細胞是否具有生命現象，使生物微粒計數工作較為容易，避免環境中其他無生命微粒干擾。然而螢光染料也有其適用範圍，例如真菌孢子便難以被螢光染料染色，或染色後可能會色素沉澱失去螢光，易造成視覺上的誤判；而樣品的複雜的事前準備工作及微生物聚合成較大顆粒，也可能造成計數時的數量低估。在採樣器方面螢光顯微技術可應用於使用毛細管

膜濾紙的過濾式採樣器、nonculturable impactor的後續定量或鑑定工作上 (Eduard and Heederik, 1998; Martinez et al., 2004)。

(3) Scanning electron microscopy

掃描式電子顯微鏡技術與LM及FM相較起來，擁有較高的解析度、視野深度與放大倍率，但設備更為昂貴且需專人技術處理，為國家貴重儀器之一。其原理係利用一波長極短的電子束為光源，照射在樣品標本表面後激發第二次電子束反射，反射的電子束為電子接收器接收後，經一連串影像放大，會在螢幕上呈現3-D的物體外表影像結構，優點為可根據黴菌孢子外觀鑑定菌種，如*Rhizopus*與*Aspergillus*，也可偵測到粒徑微小的病毒與真菌孢子，如放射菌類 (actinomycete)，但習慣上SEM極少應用於生物氣膠菌種鑑定工作上。在生物氣膠的採樣工作中，使用毛細管膜濾紙的過濾式採樣器，其後續可運用SEM進行定量或鑑定 (Eduard and Heederik, 1998; Martinez et al., 2004)。

(4) Flow cytometry

流式細胞儀為一種可自動計算細胞顆粒數的技術，其使用液體水柱使細胞或顆粒可均勻散布水中，一顆接一顆通過雷射光源，當細胞被雷射激發後會產生散射光，或是照射到帶有螢光物質的顆粒 (自然或染色) 時會產生螢光，這些散射光或螢光被偵測器所接收後，藉由光照射前後波長及強度變化，經一連串電子訊號轉換及電腦分析，便可得到自動化分析結果。流式細胞儀在生物氣膠濃度量測方面，可應用於 impinger 或過濾式採樣器的後續定量工作上，雖然定量上極為方便，但分析過程中有可能因為螢光染色關係，將環境中無生命的有機顆粒也納入計數，如動植物掉落的碎屑組織等，造成其計數結果為使用螢光顯微技術的 1.5-2 倍 (Eduard and Heederik, 1998)。

2.3 室內空氣中真菌與細菌濃度影響因子

室內空氣中的真菌與細菌濃度往往受到許多因素影響，這些因素大致上可分為物理性因素與環境因素，物理性因素包含生物微粒的大小、密度、形狀、性質等，而環境因素則包括氣流、相對濕度、溫度等 (Srikanth et al., 2008)。然而，除了上述因素會影響微生物生長情況外，採樣器的選擇、操作參數、甚至培養基與培養方法的選擇等皆會影響生物氣膠濃度的測量值，研究者需根據採樣目標與環境，選擇適合的採樣方法，遵守標準操作程序以避免人工操作的誤差，達到減少測量濃度與真實情況差距的目標。

由於本研究係利用統計方法分析環境因子對醫院空氣中真菌與細菌濃度影響，故文獻中常見的環境因子列於 2.3.1 節，而採樣器適用的情況與採樣效率比較已列於前述第 2.2 節，其他因子如微粒大小、培養基、impactor 的操作條件等因素列於下面 2.3.2 節。

2.3.1 環境影響因子

環境的變動往往會影響場室內空氣中微生物的濃度，這些變動的因素便是許多人想要研究歸納的環境影響因子，通過實驗分析微生物濃度與影響因子之間的關係，便可有效率的研究控制室內生物性汙染之方法，但由於環境因子的範圍相當廣泛，故下列僅簡略介紹六項文獻中常見的環境影響因子：

1. 季節

許多研究顯示，季節也是空氣中微生物濃度的影響因子之一，但由於地球環境生態的多樣性，導致各地的季節特性有所不同，因此各文獻數據與結果上的差異，並沒有絕對性，尚須比較各採樣地點的氣候與環境因子才能做出判別。但若想研究某地的季節因子對為空氣中微生物濃度的影響，還是以分析在當地採樣一至數年的數據最為妥當。Mota et al. (2008) 針對處於氣

候乾燥環境 (美國 El Paso) 中的五十戶住宅進行真菌濃度調查, 發現不論是室內或室外真菌濃度, 皆是以秋天時最高、夏天次之、冬天最低, 同樣的結果顯現於 Shelton et al. (2002) 測量美國 1717 棟建築物, 得到真菌濃度於夏秋兩季最高, 冬春最低。而 Chao et al. (2002) 測量 Boston, Massachusetts 四棟辦公大樓 IAQ 也得到相似結果, 真菌濃度於夏天最高、冬天最低, Lee and Jo (2006) 於韓國不同公寓測量室內外真菌濃度也是夏天皆高於冬天, 但其發現細菌濃度對於季節變化無顯著差別。於室外空氣方面, Wu et al. (2007) 於台北測量室外周界空氣中的真菌濃度, 得到結果與上述相同, 夏天最高、冬天最低, 其中上述中各文獻皆指出導致季節影響微生物濃度的基本原因, 可能在於各季節溫度與相對溼度的改變。

2. 空調通風系統

空調通風系統自發明以來, 已成為每棟建築物, 幾乎家家戶戶必備的電力設備, 在這空調系統如此普及的時代, 其對空氣品質的影響也更顯重要。根據 Dacarro et al. (2003) 的研究, 其在傳統建築採樣的真菌濃度為 458 CFU/m³, 明顯高於有自動空調系統的建築物 156 CFU/m³, 而另外一間未開空調建築物的真菌濃度則為 348 CFU/m³。另外于 (2007) 於台灣某醫院分析空調系統的近端與末端、以及清理前後對生物氣膠濃度的影響, 其研究顯示生物氣膠濃度於此二因素影響下並無顯著差異, 但顧及醫院本為生物氣膠暴露風險較高的場所, 對於空調系統的維護依然尚需謹慎。

3. 室內人類活動

Buttner and Stetzenbach (1993) 曾於一模擬普通住宅的房間內, 以地毯為真菌污染源, 其研究顯示人類於房間內走動對真菌濃度呈現顯著的正相關。但此情況似乎只適用於人類於室內的活動會觸發微生物污染源而導致污染物的增加, 並無確切指出人類活動本身對於微生物污染物濃度的影響, Hwang et al. (2010) 於韓國地下鐵車站的監測研究顯示, 空氣中細菌濃度與

車站中的乘客數量並無顯著相關，但于(2007) 於台灣醫院所做的研究則顯示，空氣中細菌與真菌濃度皆與現場活動人數有顯著相關，與 Hwang et al. (2010) 的結論大相逕庭。

4. 二氧化碳濃度

於現代的空調大樓中，CO₂ 的濃度經常被應用於評估空調系統每小時室內外空氣的交換率，當室內 CO₂ 產率大於空調換氣率時，CO₂ 濃度便會累積，理想的室內 CO₂ 應該與室外濃度相同，而 CO₂ 也常作為指標性的室內空氣污染物，因當 CO₂ 開始累積便表示監測場所通風不良，易造成其他室內空氣污染物濃度提升 (Portnoy et al., 2004)。若將其應用於室內空氣微生物檢測，根據 Chao et al. (2002) 針對美國辦公大樓的 IAQ 研究指出，CO₂ 濃度與室內真菌濃度呈現負相關，此可能是由於正常情況下室內並無特定的真菌污染源，大部分的真菌污染皆來自於室外空氣的交換，故當室內引進新鮮外氣降低 CO₂ 濃度的同時，也帶來了室外的真菌污染。但黃 (2006) 於台灣某地區醫院的 IAQ 監測研究顯示，院內採樣地點的細菌濃度與 CO₂ 濃度呈現正相關，可能原因為室內 CO₂ 濃度主要由人體呼吸所累積，而人體為室內主要細菌散播源，故兩者為正相關的關係。

5. 溫濕度

溫度與濕度是一般衡量微生物生長最基本的指標之一，溫度可影響微生物生長的菌種及活性，濕度則與微生物必需要素—水分有關，濕度除了可影響空氣中微生物的生長，當濕度增加也會增進微生物在採樣器中的存活率，進而增加採樣效率 (Andersen, 1958; Chao, 2002)。Chao et al. (2002) 曾分析辦公大樓溫濕度對室內真菌濃度的影響，發現濕度與真菌濃度呈正相關，但室內溫度變化對真菌濃度並無顯著影響，其推測可能是由於室溫範圍皆屬大部分真菌合適生長溫度，故室內溫度變動對於真菌濃度無明顯影響，但根據 Wu et al. (2007) 於台北測量室外真菌濃度的研究，溫度與濕度對於室外真菌

濃度皆有顯著的影響，呈非線性的正相關關係。另外于 (2007) 於台灣某醫院中的研究報告顯示，室內真菌濃度與相對溼度有顯著相關，而室內細菌濃度則是與溫度有顯著相關，但 Hwang et al. (2010) 於韓國 25 間地下鐵車站監測結果顯示，室內細菌濃度與溫度及濕度皆無顯著相關。由於影響微生物濃度的環境因子相當多樣，彼此間可能具有交互作用使其更為複雜，故採樣場所不同所分析得到的結果也可能有所差別，欲了解採樣場所的環境影響因子，還是以實地測量分析較為妥當。

6. 室外空氣

於一般建築物中，室內真菌的最大污染源來自於室外，當室內真菌濃度較室外高的時，便需注意室內是否有其他真菌污染源 (Lee et al., 2006)。Kim and Kim (2007) 曾於韓國測量許多公眾建築物的室內生物氣膠濃度，其研究指出室內真菌或細菌濃度應較室外為低，並使用 I/O ratio (indoor-to-outdoor ratio) 作為室內空氣是否已遭受污染的指標，其研究裡多數監測場所的 I/O ratio 皆小於 1，表示室內無額外生物性污染源。Lee et al. (2006) 於美國六間住宅進行真菌濃度監測的結果顯示，可培養真菌的 I/O ratio 於秋天最低達 0.04，春天最高達 53.34，平均約 0.58，此 I/O ratio 差距懸殊的原因可能係如同多數文獻所指出，真菌室外濃度於夏秋較高，冬春較低有關。

2.3.2 其他影響因子

1. 顆粒粒徑

前面.2.2節曾提到，不同設計原理之採樣器有其特定的截取粒徑，當微粒的氣動直徑大於採樣器的截取粒徑時，便會被採樣器所收集，然而採樣器理論上的截取粒徑與經過實驗得到的截取粒徑經常有所差異，例如多噴孔 impactor 產生的交叉氣流或是受噴孔阻礙而消散的氣流，皆常使大部分採樣器的理論截取粒徑小於實際上的，從而影響不同粒徑顆粒的收集效率。Yao

and Mainelis (2006) 曾以七種平均 d_{ac} 不同的聚苯乙烯乳膠 (polystyrene latex) 微粒 (0.49-9.8 μm)，測試氣膠顆粒 d_{ac} 對於七種便攜式採樣器收集效率的影響，由實驗所得之收集效率與粒徑曲線圖顯示，收集效率與顆粒粒徑成正相關，而對於0.5 μm 左右的顆粒收集效率僅在10%以下，由於一般細菌的粒徑範圍約0.5-1 μm 、真菌約2-5 μm ，故這些便攜式採樣器在量測單顆細菌濃度時易產生低估情形，但對於真菌、聚合或附著於其他顆粒導致粒徑較大的細菌則有良好的採樣結果。因此在選擇採樣器時，應同時注意環境中可能的微生物菌種，考慮其氣動直徑範圍，以免產生低估甚至無法偵測情形。

2. 培養基

2.2.3 節已列出幾項常見的無篩選性培養基，但不同培養基其培育的菌種範圍還是不完全相同，Wu et al. (2000) 曾於台灣南部某醫院中，以 Andersen 1-STG 採樣比較 MEA 與 DG18 的培養效率，其中 MEA 為美國 ACGIH 所推薦室內常用的計數培養基，DG18 則常應用於食品檢驗，可培育早生真菌與嗜高滲透壓酵母菌。根據其試驗結果，MEA 培養的真菌濃度在 0.254-18.670 CFU/m³ 之間，DG18 則在 1.518-23.165 CFU/m³ 之間，無論是在培養出的菌落總數、菌種多樣性、九種常見的真菌種類培育率 (尤其是 yeast、*Penicillium* 與 *Aspergillus*)、對於生長快速菌種如 *Rhizopus* 與 *Mucor* 的菌落大小限制上，DG18 皆有較好的表現，但實際上目前大多數文獻、國家法規或建議方法內，還是採用或推薦 MEA 培養基。

3. 採樣器操作時間

Saldanha et al. (2008) 研究 Andersen 1-STG 與 RCS 採樣器之操作時間對於空氣中真菌收集效率的影響，採樣地點設於大學院校的教室，將此二種採樣器並列放置在適合地點，採樣時間由一到十五分鐘漸次增加，以找出使效率最佳化之操作時間。此研究採樣結果的真菌濃度皆在 50 CFU/m³ 以下，且數據顯示出採樣時間越短，會提高所收集真菌之培養效率，最好盡量限制在

六分鐘以內，另外由真菌培育結果顯示，Andersen 1-STG 對於真菌的收集效率也較 RCS 為高。Folmsbee et al. (2000) 則以 Andersen Microbial Sampler 於一室外堆肥場採樣細菌一至六分鐘，培養結果顯示環境細菌濃度均在 1000 CFU/m³ 以上，當採樣器的操作時間設於兩分鐘時，所得的細菌培養濃度最高。然而 Saldanha et al. (2008) 與 Folmsbee et al. (2000) 皆指出，最佳操作時間會隨著不同採樣環境及不同採樣設備、目標而變化，當環境微生物濃度較低時，操作時間過短有可能造成所測量濃度過低甚至為零，所以一般研究者於室內常採用長時間採樣，避免此種無法偵測情形發生，但操作時間過長則有可能造成微生物培養效率減低，因此為求取兩者之間的平衡點，採樣器的最佳操作時間可根據條件類似的文獻來設定，或著最好是根據採樣前的事前調查來決定，以求將誤差量減至最低。

4. 噴孔至培養基表面距離

噴孔至培養基表面的距離 (nozzle-to-surface distance, S) 可由培養基的使用量來調整，Ranz and Wong (1952) 建議 S 的最佳距離為噴孔孔徑的 4 倍，也就是 S/W ratio (W 為噴孔的直徑或寬) 為 4，但對於孔徑極小的採樣器，如 Andersen 6-STG 最後一階的噴孔直徑為 0.01 mm，則難以透過控制培養基使用量來調整 S，且當 S 距離過小，會使培養基上方的水平空氣流速增加，影響採樣器的收集效率，故 Andersen (1958) 曾測試不同 S 對 Andersen 6-STG 收集效率的影響，發現不同 S 僅使顆粒分佈於採樣器各階的百分比不同，但六階層的總收集量並無太大差別，其根據試驗結果以及 Ranz and Wong 的研究，建議 Andersen 6-STG 最佳培養基使用量為 27 mm 即可。

另一方面，Marple and Willeke (1976) 曾使用 computational fluid dynamics 方法分析 impactor 採樣器的效率，其建議當 impactor 的噴孔為矩形，S/W ratio 需大於 1.5；當噴孔為圓形，S/W ratio 需大於 1，但 S/W ratio 若大到足以影響噴孔氣流的區率半徑時，便會降低採樣器的效率，而 Hinds

(1999) 則建議 S/W ratio 最好不超過 5，因當 S 減少時會影響進流空氣流場與減少曲率半徑，進而增加採樣器的收集效率，而當 S 增加則會使噴孔氣流擴散，改變流場速率與曲率半徑，不利於採樣器的收集。Whyte et al. (2006) 調整 SAS 與 SMA 兩種一階多孔衝擊式採樣器的 S/W ratio，發現 SAS 的 S/W ratio 在 2-10 之間時， d_{50} 維持在 2.5-2.1 μm 區間，但當 S/W ratio 為 0.5 時， d_{50} 則驟降至 1.5 μm ，雖然 S/W ratio 增加至 10 對 SAS 的 d_{50} 無較大的差別影響，此實驗結果依然驗證了上述 S/W ratio 最好維持在大於 1 以上；而 SMA 由於噴孔孔徑較大緣故，當 S 距離為 1-10 mm，S/W ratio 僅在 0.16-1.6 之間， d_{50} 則在 7.3-29.7 之間，顯示出 S/W ratio (或 S) 增加時，將使 SMA 的收集效率降低。

5. 噴孔空氣流速

當生物微粒隨進流空氣被吸入採樣器中時，不同微粒便會因其種類、顆粒大小、形狀、密度等生物或物理特性，受到採樣器各種因素不同程度的影響，造成收集效率有所差異，例如根據 Stewart et al. (1995) 的研究，其假設採樣器的流量設計若造成噴孔氣流速度 (jet velocity) 過高，會對微生物造成龐大的衝擊壓力，導致微生物損傷降低培養效率，進而影響所得微生物濃度的準確性，故其選擇 *Pseudomonas fluorescens* 與 *Micrococcus luteus* 做為氣膠噴霧菌種，藉由調整 impactor 的空氣進流量來改變噴孔空氣流速在 24-250 m/s 之間，發現當氣流速度為 40 m/s 時 *P. fluorescens* 有最大培養率 (51%)，當氣流速度為 24 m/s 時 *M. Luteus* 有最大培養率 (62%)，在未達到最適流速前，此二菌種的培養率皆隨流速增加而上升，反之在超過最適流速後，此二菌種的培養率皆隨流速增加而明顯下降，而 *M. Luteus* 的培養率明顯大於 *P. fluorescens* 的原因，可能是由於格蘭氏陰性菌比陽性菌更容易受到物理傷害。

另一方面，Whyte et al. (2006) 調整 Mattson-Garvin STA 的流速在 20-90 m/s 之間 (此採樣器一般標準流速為 70 m/s)，經分析後得到當噴孔氣流速度越大 d_{50} 也隨之增加，故採樣器的收集效率也隨之上升，但由於較高的流速會造成微生物培養率的下降，故研究者測試將採樣器的噴孔流速調整至 20 m/s，得到若將噴孔寬降為原本的五分之一，便可得到與 70 m/s 時 d_{50} 相近的結果，因此其最後建議噴孔氣流速度維持在較小範圍較為妥當。

2.4 國內外醫院真菌與細菌濃度

由於各國家城市的氣候與地理環境不同，建築物室內空氣中微生物的特性也有所差異，但普遍說來，因醫院為敏感且易感染的公眾場所，對於空氣品質的控制也較為嚴苛，故大部分醫院的空氣品質皆可保持在一較低範圍，甚至比多數公共場所潔淨，例如 Kim and Kim (2007) 曾利用 Andersen 6-STG 調查韓國的幼稚園、老人安養院、坐月子中心與醫院等公眾場所的空氣中微生物濃度，其研究結果發現，不論是細菌或真菌的總濃度及可吸入濃度，皆是幼稚園最高，醫院居中，老人安養院最低，其推測可能原因為幼稚園內人員活動量較大，造成空氣中微生物濃度較高，而其於醫院採樣的結果為：總細菌濃度平均 404 CFU/m^3 ，真菌則 382 CFU/m^3 ，平均可吸入細菌濃度 194 CFU/m^3 ，真菌為 292 CFU/m^3 。此外，研究者將研究結果與另外兩不同國家文獻值比較，發現韓國境內公共場所微生物濃度較低，推論可能是受不同國家氣候所影響，因其所參考之兩份研究報告皆屬熱帶氣候國家，更適宜微生物生長。

Ortiz et al. (2009) 於西班牙的醫院使用 MAS-100 1-STG 針對手術房、產房以及病房進行 IAQ 監測，根據其採樣結果，無論是總細菌或真菌濃度，手術房都遠低於另兩個監測場所，真菌平均濃度只有 0.05 CFU/m^3 ，細菌平均濃度則 25.6 CFU/m^3 。另外其根據各房間的細菌/真菌濃度比率，發現手術

房的比率 (512) 遠大於產房 (9.7) 及病房 (11.7)，顯示手術房的 IAQ 控制設備—正壓系統與空氣過濾裝置，對於降低真菌濃度的效率較細菌高，此外研究者也發現除了冬天時病房真菌濃度會較低外，其餘時候四季的變遷對於這些監測場所無顯著影響。

而Li and Hou (2003) 則使用Andersen 1-STG調查台灣七所醫學中心微生物濃度，其選擇三類不同清潔程度要求之房間作為採樣地點。研究結果顯示，清潔程度為中等要求的手術室內細菌濃度範圍在13-336 CFU/m³，平均濃度為88 CFU/m³；真菌濃度則在0-51 CFU/m³，平均濃度為4 CFU/m³，由數據看來，手術室中細菌濃度遠高於真菌濃度，研究者推測可能由於人為活動之關係。值得注意的是，研究顯示其採樣的七所台灣醫學中心，空氣中微生物濃度與房間清潔要求程度僅有極低之相關性，顯示這些醫院應注意各類房間的清潔程度需求不同，對於要求較高的房間應加強消毒或IAQ控制設備。黃等人 (2009) 也曾使用Andersen 1-STG研究台灣某教學醫院的IAQ，其於呼吸照護病房、加護病房、產科病房、嬰兒房與急診進行監測，研究結果顯示呼吸照護病房的細菌濃度較其他監測場所要高，所測濃度皆超過200 CFU/m³，最高細菌濃度出現在下午一點到三點之間，恰為親友探訪、照護人員進行換藥、清理穢物等看護工作較頻繁的時段，曾高達934 CFU/m³，其餘監測地點與上述各案例的詳細微生物濃度均列於表2-7中。

表 2-7 各國醫院空氣中真菌與細菌濃度

Country	Location	Sampler	Bacteria Conc. (CFU/m ³)	Fungi Conc. (CFU/m ³)	Reference
Taiwan	Operating room	Andersen 1-STG	88 (13-336)	4 (0-51)	Li and Hou, 2003
Korea	Hospital	Andersen 6-STG	404	382	Kim and Kim, 2006
	Respiratory care ward		368±109	149±99	
	Intensive care unit		163±76	55±20	
Taiwan	Baby room	Andersen 1-STG	73±33	49±34	黃等人，2006
	Delivery room		150±59	74±48	
	Emergency room		247±216	121±114	
	Operating theatres		25.6 (1.67-157)	0.05 (0-7.33)	
Spain	Maternity wards	MAS-100 1-STG	67 (14.33-224)	6.9 (0-44.67)	Ortiz et al., 2009
	Hospital rooms		124.4 (4.12-1293)	10.6 (0-266)	

第三章 實驗方法與步驟

本研究主要工作為定期採樣醫院室內空氣中微生物濃度，同時紀錄周遭環境因子的變化，以評估目前醫院 IAQ 生物汙染程度與其影響因子，而完整的研究流程簡略說明於下述 3.1 節。

3.1 研究流程

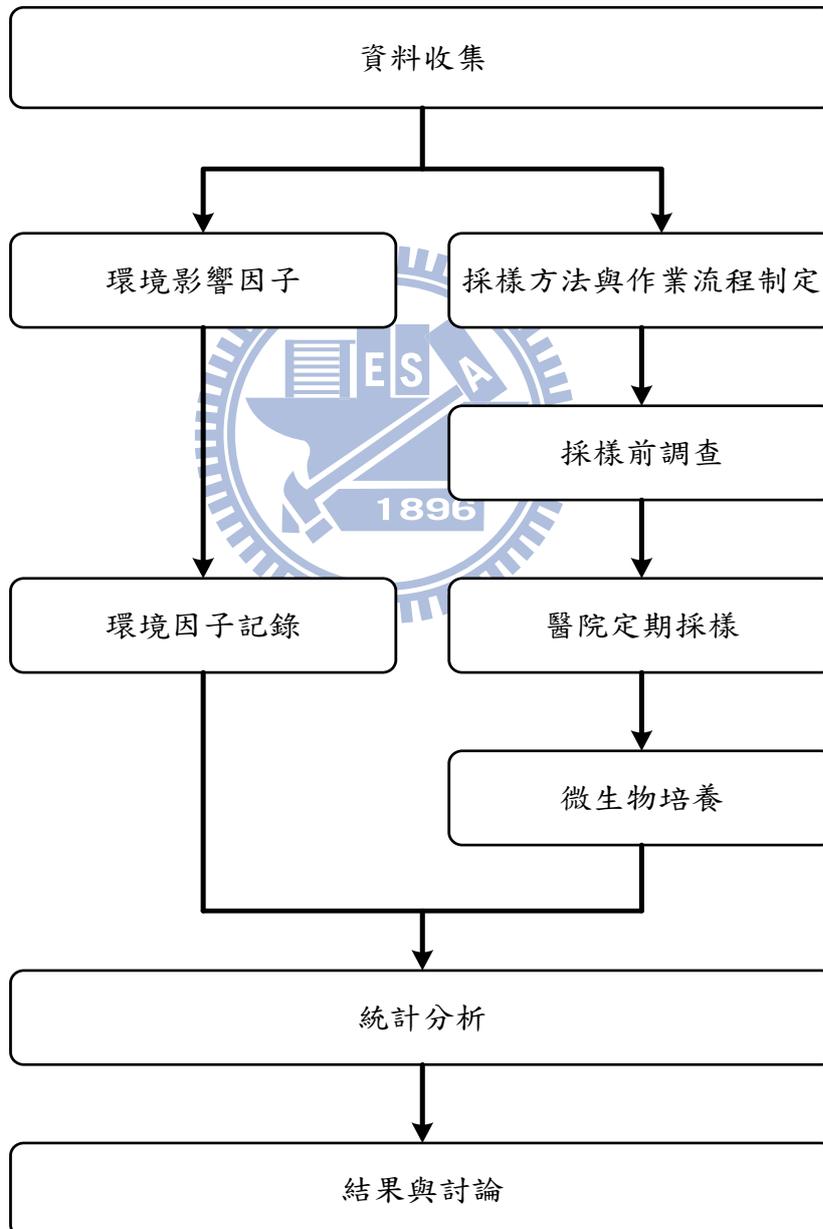


圖 3-1 研究流程

本實驗研究流程如圖一所示，首先收集研究所需資料後，接下來便分為生物氣膠採樣與環境影響因子研究兩方面進行，最後經由統計分析整合所收集到的實驗數據，來探討醫院現行微生物污染情形及其影響因子。

1. 資料收集：搜尋國內外研究文獻、書籍、官方網站與計畫報告，收集室內生物氣膠相關方面研究，主要方向包含採樣方法、定量方法、法規標準、相關影響因子及各國醫院案例。
2. 採樣方法與作業流程：參考醫院生物氣膠研究案例，選擇經文獻比較證實採樣效率較高的採樣方式，而後根據國際協會或我國環檢所標準方法建立標準作業流程並遵照實施，詳細過程列於 3.2.1 及 3.2.2 節。
3. 環境影響因子：透過資料收集，歸納文獻中出現的可能環境影響因子，選擇適用於本研究的因子進行探討，包含月份、現場人數、二氧化碳濃度、溫濕度、室外空氣、早午晚各時段影響等。環境因子歸納列於第 3.3 節，而整合本研究所收集的數據進行相關性探討則列於 4.2 節。
4. 採樣前調查：到醫院現地採樣前，需根據文獻所提供的判斷原則至醫院實地探勘，以確定監測場所、監測時間、採樣器擺放位置及其他採樣細節，並與相關管理部門協商合作，以利採樣可順利進行，詳細細節列於本章第 3.2.3 節。
5. 醫院採樣與記錄：遵守先前訂定的標準作業流程，以及根據採樣前調查決定的操作細節，於 H1、H2、H3 醫院進行採樣工作，採樣同時需記錄現場環境因子及發生事件。
6. 微生物培養與統計分析：採樣結束需盡快將樣品運送至實驗室培養並記錄細節，培養的操作條件列於第 3.2.1 節，而培養結果以及環境因子輸入電腦後，利用適當的軟體進行統計分析，使用的統計方法列於 3.4 節。
7. 結果與討論：本部分列於第四章，主要分為醫院生物氣膠濃度分析與環境影響因子探討兩大部分，前者包含同所醫院各部門及不同醫院類似部

門的濃度比較，同時與其他文獻及法規比對台灣醫院 IAQ 品質程度，後者則探討環境因子於不同汙染物或不同場所的影響。

3.2 採樣方法與作業流程

3.2.1 實驗藥品與採樣設備

1. 生物氣膠採樣器

本研究參考 NIOSH method: 0800 室內生物氣膠採樣方法 (Lonon, 1998) 以及環檢所公布的室內空氣中總真菌數與總細菌數檢驗標準方法 (E401.11C; E301.11C)，採用 Andersen 1-STG sampler (Thermo Electron Corp., Series 10-800, USA)，其衝擊板上有 400 個噴孔，每個噴孔之直徑為 0.25 mm，操作流量控制在 28.3 L/min，噴孔空氣流速為 23.3 m/s，經實驗所得之實際 d_{50} 為 0.65 μm (London, 1998; Thermo, 2003)，而採樣器的操作時間為 3-10 分鐘，視採樣點的微生物濃度而定，盡量使培養後的培養皿中真菌菌落數落在 10-100 之間，細菌菌落數落在 25-250 之間。然而採樣器的理想情況為一個噴孔僅收集一個微生物，若一個噴孔收集兩個以上的微生物，可能會使微生物生長時產生菌落重疊或融合現象，導致採樣場所微生物濃度被低估，因此本研究的培養後菌落數先以 Positive hole conversion table 校正 (列於附錄 A, Thermo, 2003)，其原理係假設當採樣器收集的微粒越多，下個微粒進入空的噴孔之機率越低 (empty hole)，例如當十分之九的噴孔已接收一個以上的微粒，下個微粒進入空的噴孔機率僅有十分之一，故要填滿這個空的噴孔可能需要十個微粒才能達到目標。此表初步數值係以下列式 (1) 計算：

$$P_r = N \left[\frac{1}{N} + \frac{1}{N-1} + \frac{1}{N-2} + \cdots + \frac{1}{N-r+1} \right] \quad (1)$$

其中

r: 被填滿的噴孔 (positive holes) 數目

P_r : 填滿 r 個噴孔的微生物顆數期望值

N : 採樣器單階的總噴孔數目 (Andersen 1-STG 為 400 個)

由於式 (1) 為假設顆粒是瞬間填滿第 r 個噴孔，但實際上當我們在計算 positive holes 數目時，顆粒為隨機填滿 r 個噴孔，因此實際應用時顆粒數目應大於 P_r 但小於 P_{r+1} ，因此 Positive hole conversion table 中的數值其實是以下列式 (2) 表示：

$$P_{r,\text{table}} = \frac{P_r + P_{r+1}}{2} \quad (2)$$

校正後的菌落數經下列式 (3) 計算，便可得到空氣中微生物濃度，單位以 CFU/m³ 表示 (Andersen, 1958)。

$$\text{濃度 (CFU/m}^3\text{)} = \frac{P_{r,\text{table}} \text{ (CFU)}}{28.3 \text{ (L/min)} \times t \text{ (min)} \times 10^{-3} \text{ (m}^3\text{/L)}} \quad (3)$$

其中

t : 採樣器操作時間 (本研究為 3-10 分鐘)

2. 二氧化碳與溫濕度直讀式儀器

本研究在醫院進行空氣中微生物採樣時，選用便於攜帶與操作簡易的直讀式儀器測量溫濕度 (Center Technology Corp., center 313, Taiwan) 與二氧化碳濃度 (TSI Inc., Model 7545, USA; TES Electrical Electronic Corp., Model 1370, Taiwan)。由於二氧化碳儀器共使用五台，故每次採樣前需以相同濃度的標準氣體校正，使每台儀器濃度相差不超過 60 ppm。

3. 真菌培養基

根據環保署環境檢驗所公布的標準方法 (E401.11C)，本研究選擇麥芽抽出物培養基 (Malt Extract Agar, MEA, Difco™, Becton Dickinson and company, USA) 做為真菌培養使用，其每 33.6 g 可調配出一公升 MEA 溶液，組成成份包含：

- 麥芽 (maltose) 12.75 g
- 糊精 (dextrin) 2.75 g
- 甘油 (glycerol) 2.35 g
- 蛋白 (peptone) 0.78 g
- 瓊脂 (agar) 15.0 g

將調配好的溶液以 1N HCl 或 1N NaOH 調整 pH= 4.7 ± 0.2 ，置於高壓滅菌釜經 121°C 高壓滅菌 30 分鐘，冷卻至約 50°C 後添加 0.1 g 氯黴素 (Chloramphenicol, Sigma, USA) 至培養基中，其可抑制細菌生長，降低細菌污染情形，混合均勻後分裝 25 ml 至 90 mm 無菌塑膠培養皿中等待凝固，全程於無菌操作台中進行，凝固後置於 4°C 冰箱保存，於 7 天內使用完畢。當採樣結束，將真菌培養基放入定溫 25°C 的培養箱中培養 4 ± 1 天，培養過程中需每天觀察真菌生長情形，避免真菌生長過快或過多導致無法計數。

4. 細菌培養基

根據環保署環境檢驗所公布的標準方法 (E301.11C)，本研究選擇胰蛋白大豆瓊脂培養基 (Tryptic Soy Agar, TSA, Difco™, Becton Dickinson and company, USA) 做為細菌培養使用，其每 40 g 可調配出一公升 TSA 溶液，組成成份包含：

- 胰化蛋白胨 (tryptone) 15.0 g
- 大豆蛋白胨 (soytone) 5.0 g
- 氯化鈉 (NaCl) 5.0 g
- 瓊脂 (agar) 15.0 g

將調配好的溶液以 1N HCl 或 1N NaOH 調整 pH= 7.3 ± 0.2 ，置於高壓滅菌釜經 121°C 高壓滅菌 30 分鐘，冷卻至約 50°C 後添加 0.1 g 環己醯亞胺 (Cycloheximide, Sigma, USA) 至培養基中，其可抑制真菌生長，降低真菌污染情形，混合均勻後分裝 25 ml 至 90 mm 無菌塑膠培養皿中等待凝固，全

程於無菌操作台中進行，凝固後置於4°C冰箱保存，於7天內使用完畢。當採樣結束，將細菌培養基放入定溫30°C的培養箱中培養 48 ± 2 小時，培養過程中需每天觀察細菌生長情形，避免菌落生長過快融合其他菌落導致無法計數。

3.2.2 採樣作業流程

確認採樣方法後，本研究參考環檢所標準方法 (E301.11C; E301.11C) 建立下述標準作業流程並確實進行，將可能誤差減至最低：

1. 採樣前流量校正：每次採樣前利用紅外線皂泡計 (Primary flow calibrator) 校正採樣器流量至28.3 L/min。
2. 配置培養基：根據採樣場所、二重覆、運送及設備空白樣本所需數目，配置足夠數量之培養基，並保留一些以備運送或貯藏過程之損壞，配置完畢需以4°C冰箱保存，其中所有空白樣本均未受污染。
3. 運送過程：自實驗室運送至採樣場所時，將培養基二十個分一袋，裝入長條形塑膠袋並以膠帶密封，放入經75%酒精擦拭消毒的冰桶中，並放入足夠數量之冰磚以維持冰桶內部的低溫狀態，達採樣場所後將尚未使用的培養基、空白樣品放入一般冰箱之冷藏櫃，而採樣完成的培養基也同樣密封至塑膠袋內，放入冰箱冷藏。待採樣結束後，所有已開封或未開封的培養基均裝入冰桶中，運回實驗室並立即培養。
4. 採樣前置作業：到達採樣場所後，採樣器操作前需以75%酒精消毒，酒精揮發後迅速將培養基置入採樣器，確保培養基沒有受到污染。
5. 採樣過程：採樣器放置定點後，以碼表計時採樣器操作時間在3-10分鐘，視採樣地點情況不同而定，每個場所均需進行二重覆採樣，當採樣器更換場所測量時，尚需以75%酒精再消毒一次。
6. 環境因子記錄：採樣過程中，需詳細記錄人數變化、採樣器操作的起始

與結束時間，若有發生任何可能影響微生物濃度事件，均需加以記錄，微生物採樣同時也利用直讀式儀器測量周圍溫溼度和二氧化碳濃度。

7. 培養基培養：採樣後24小時內將樣品送至實驗室內進行培養分析，若無法及時處理可保存於4°C冰箱，但依然需盡快培養。培養時需記錄培養箱溫度、培養基名稱、以及培養的起始與終了時間，此外過程中需仔細觀察生長情況。
8. 採樣後流量測量：為避免採樣過程出現流量誤差，採樣後需利用紅外線皂泡計 (Primary flow calibrator) 確認採樣器採樣前後流量誤差不超過 $\pm 10\%$ 。
9. 微生物濃度計算：首先計數培養基內總菌落數，先以positive hole correction table (附錄A) 進行菌落數校正，再取二重覆樣本的算術平均值，代入3.2.1節的公式(3) 計算，便可得到採樣場所的生物氣膠濃度。

3.2.3 採樣前調查

為保持樣品的代表性，在正式採樣前需先在所合作之醫療院所進行採樣前調查，這些調查內容包含醫院內部的樓層分配、通風換器設備裝設及運作詳細情形、建築物內各地點和時段流動人口與活動情形記錄、內部員工工作內容、各樓層基本設施等 (于, 2007)。其中，首要工作為確認進行採樣的場所，再根據各場所特性選擇採樣的時段與採樣器擺放位置。

1. 採樣場所選擇

本研究選擇台北市三家大型區域醫院進行定期監測，並以代號H1、H2、H3 表示，此三所醫院概述如下：

- (1) H1 醫院：於民國九十四年裝修至今，雖位於市區的交通要道旁，但車流量卻較另兩家院區低，門口有一圓形花園廣場，使大門距離馬路約三十公尺，周圍環境較另兩家醫院清幽，其內病床數編製五百至六百床，

樓層自地下二樓停車場算起至地上十樓共十二層樓，一入正門可見挑高二樓的大廳，此處僅設有藥局，而大廳左方為連接二樓掛號批價與門診區的電扶梯。

(2) H2 醫院：於民國九十三年裝修成現狀，目前院內編制約八百多床，為兩棟大樓相鄰而成。北棟自地下二樓至地上十一樓共十三層，其正門距馬路約十公尺，設有供就診民眾車流進出的 U 型車道，為大部分就診民眾的進出通道口，而正門進入左方為掛號批價櫃台，白日人潮眾多，其他另設有門診、便利商店等部門。而南棟大樓自地下一樓起至地上十樓共十一層，一樓為中醫與牙醫門診處，也設有掛號與批價櫃台，其大門外設有小型污水處理廠，平日進出口較北棟正門少，開放時間也較北棟為短。

(3) H3 醫院：於民國九十五年整建第一與第二醫療大樓完成，第一醫療大樓為一般民眾就診處，其自地下二樓至地上十樓共有十二層，目前院內編制約四百多床。H2 醫院大門距馬路約三至四公尺，為三所醫院中離馬路最近，其大門進去正前方為藥局，左方為批價掛號櫃檯與健兒門診，右方為服務台以及兒科門診，就診人潮眾多，整體使用空間較另兩家醫院狹小許多，主要病患以孕婦幼童為主。

確認採樣醫院後，本研究參考環檢所標準方法 (E301.11C; E301.11C)，根據下列篩選原則選擇三所醫院的採樣部門，包含 H1 醫院與 H3 醫院各十個採樣點、H2 醫院十一個採樣點，共計三十一個採樣點列於表 3-1：

- (1) 有滲漏水漬跡，微生物生長痕跡，抱怨有不適感的地方優先選擇。
- (2) 民眾聚集進出或人潮眾多之場所，應列為優先採樣地點。
- (3) 易受感染、抵抗力低弱或免疫不全的病患、嬰幼童及老人所在之場所優先。
- (4) 原則上每 500 - 1000 平方公尺採集 1 點。

- (5) 採樣點以能涵蓋高、中、低樓層或左、中、右區段為宜。
- (6) 採樣人員可視場所內不同樓層、不同分區之公眾使用情形及環境狀況，增加採樣點數目。
- (7) 若上述原則無法周全，應以原則(1) - (3)為優先。

表 3-1 三家醫院採樣部門、樓層及英文代號

H1 醫院			H2 醫院			H3 醫院		
樓層	代號	部門	樓層	代號	部門	樓層	代號	部門
B1	FD	美食街	1	OUT	門外	1	OUT	門外
1	OUT	門外	1	RE	掛號區	1	RE	掛號區
1	HA	大廳	1	S1	南棟一樓	1	CC	兒科門診候診區
1	EM	急診	1	SOUT	南棟大門外	1	HE	健兒門診候診區
2	RE1	掛號區(一)	1	EM	急診	1	EM	急診
2	RE2	掛號區(二)	2	DM	內科候診區	2	GC	普通門診候診區
5	OR	手術房	2	DS	外科候診區	3	OR	手術房
5	ICU	加護病房	3	OR	手術房	3	DR	產房
5	RCC	呼吸照護中心	3	ICU	加護病房	6	BR	嬰兒房
9	GS	普通病房	7	GS	普通病房	9	ICU	加護病房
			11	ER	胃鏡室			

2. 選擇監測位置

由於採樣器的擺放位置，會影響樣品的代表性、準確性，也會影響房間內工作人員的活動，故選擇適當的監測位置顯得相當重要，本研究參考環檢所標準方法 (E301.11C; E301.11C)及其他相關文獻 (GovHK, 2003; 潘和張, 2009)，大致上原則簡述如下：

- (1) 採樣器的擺放位置要避免影響到房內人員行進路線或工作空間。

- (2) 不可直接放置採樣器於空調進出口下方或正對空調進出口。
- (3) 採樣器的腳架須調整高度在 120-150 公分間，使採樣器高度與房內人員呼吸高度相符合。
- (4) 採樣器周圍需減少雜物的堆放，應距離其牆壁、角落或其他垂直表面最少 50 公分以上。
- (5) 採樣點應避開如電梯出入口、走道等人行干擾，距任何通道口應 2 公尺以上
- (6) 不直接放在空氣擴散器、引導器、落地風扇、暖爐等可能影響空氣氣流之設備附近，也應避開操作人員呼氣範圍。
- (7) 盡量放置在可代表大部分人員的分布和工作活動處。

3. 選擇採樣時間

自民國九十八年八月至九十九年六月止，三所醫院共計三十一個採樣點每兩個月進行採樣一次，且考量到醫院的開放時間，自早上至晚上休診為止，同一採樣點一天分為三個時段進行採樣，時段敘述如下：

- (1) 早班 9:00-12:00。
- (2) 午班 13:00-17:00。
- (3) 晚班 18:00-21:30。

故自採樣結束為止，每所醫院共採樣六次，每次又分作三個時段，合計每個監測點最多可達 18 筆數據資料，但少數地點如產房、嬰兒房或手術房等受管制醫院部門，考量到醫院作業、開放時間、或其他樣本毀損問題，可能不足 18 筆，其中此 18 筆資料均為取二重覆樣本的平均值記錄。

3.3 環境影響因子

前述 2.3.1 節列出了六項常見的環境影響因子，包含季節、空調系統、人類活動、二氧化碳濃度、溫濕度與室外空氣，但由於本研究採樣間距為兩

個月進行一次，對於四季無法做出確切分隔，故在環境因子研究上以月分取代季節進行相關性分析，另外本研究對於醫院的空調系統並無深入地取得操作參數，故空調系統並不列入本研究的相關性分析中。綜合以上選擇原因與文獻研究，本研究僅選擇月份、溫濕度、室內人口數量、CO₂ 濃度與室外空氣影響做為相關因子分析，此外也增添早、午、晚時段對於生物氣膠濃度的影響分析。

3.4 統計分析

採樣所得之微生物濃度以及環境因子數據係利用 Microsoft Excel 進行建檔與管理，再使用 Microsoft Excel 或是 SPSS (SPSS Inc., USA) 進行統計分析。由於統計方法十分多樣化，本研究根據其他文獻採用的方法（整理於表 3-3）、以及根據數據資料性質與呈現方式，選擇下述幾種統計方法進行分析：

1. 先利用 Shapiro-Wilk statistical test 檢測真菌與細菌濃度是否成常態分布，由於檢測結果非呈現常態分布，故需使用無母數統計法進行濃度差異比較與影響因子分析，其適用於小樣品數的資料分析，而無母數檢定方法，又可根據資料種類及樣本之間的相關性，分類成如下表 3-2，其中次序資料係指資料具等級含意，例如有優、佳、差、劣之分，名義資料則指資料無等級之分，如男性與女性（榮，2009），而下述統計方法的結果均採用 95% 信賴區間的雙尾檢定。
2. 對於同醫院不同採樣場所、不同醫院同類型的採樣場所微生物濃度，使用敘述統計以及 Mann-Whitney U test 的方式進行濃度差異比較與說明。
3. 利用 Kruskal-Wallis test 分析採樣場所的室內真菌與細菌濃度於不同的月份，是否有顯著的濃度差異。

4. 使用 Spearman correlation coefficient 分析微生物濃度與溫濕度、室內人口數量、CO₂ 濃度、室外微生物濃度的相關性，評估採樣場所可能造成 IAQ 劣化的原因。
5. 採用 Wilcoxon signed rank test 比較微生物濃度於相同採樣地點，在早、午、晚不同時段，是否有顯著的濃度差異。

表 3-2 無母數檢定分類

樣本分類組數	單一樣本		獨立樣本		相關樣本	
			二個	K 個	二個	K 個
次序資料	Kolmogorov-Smirnov		Mann-Whitney	Kruskal-Wallis	Wilcoxon	Friedman
名義資料			Chi-Square	Chi-Square	Mc Nemar	Cochran Q

資料來源：榮，2009

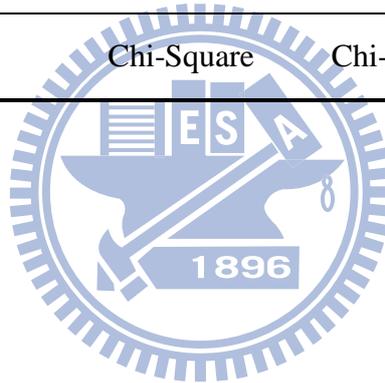


表 3-3 文獻常用統計方法

Location	Variables	Statistical technique	reference
underground railway stations	evaluate the normality of bacteria concentrations	Shapiro-Wilk test (normality test)	Hwang et al., 2010
	evaluate the differences in bacteria concentrations due to each of six factors that were evaluated	nonparametric chi-square test	
	compare bacteria concentrations for the other related factors	Pearson correlation	
many public buildings	evaluate the differences in bioaerosol concentrations between the different buildings	ANOVA Duncan's test	Kim and Kim, 2006
	evaluate the differences in bioaerosol concentrations between indoor and outdoor air	Means of paired t-test	
six single-family homes	evaluate the differences in fungi concentrations between indoor and outdoor air	Wilcoxon signed rank test	Lee et al., 2006
	compare fungi concentrations for meteorological factors	Spearman Correlation coefficients	
	evaluate the normality of culturable fungi or total fungal spores	Shapiro-Wilk test	
hospital	the relationships among total particle number, and bacterial and fungal concentrations	Spearman Correlation coefficients	Li and Hou, 2003
office buildings	evaluate the normality of the data	Kolmogorov–Smirnov test	Salonen et al., 2007
	evaluate the differences in bioaerosol concentrations between mould-damaged and control buildings	Mann-Whitney U test	

表 3-3 文獻常用統計方法 (續)

Location	Variables	Statistical technique	reference
passenger cars and public buses	evaluate the normality of the data	Shapiro–Wilk statistical test	Lee and Jo, 2005
	characterize the lognormally distributed data	Geometric Standard Deviation	
	compare the temperature and humidity data sets	ANOVA	
	compare bioaerosol data for vehicle type and seasons	Wilcoxon signed rank test	
	evaluate the differences in bioaerosol concentrations between indoor and outdoor air	t-test	
many public buildings	evaluate the differences between yearly, seasonal, and regional fungal concentrations for both indoor air and outdoor air	Kruskal-Wallis test	Shelton et al., 2002
Outdoor	evaluate the differences in bioaerosol concentrations between the two sampling locations	Mann-Whitney U test	Wu et al., 2007
	compare ambient fungi for environmental parameters	Multiple regressions	
hospitals	evaluate the differences in bioaerosol concentrations between the different hospitals	Kruskal-Wallis test	于, 2007
	evaluate the differences in bioaerosol concentrations between the related factors	Mann-Whitney U test Wilcoxon signed rank test	

第四章 結果與討論

本研究主要可分為醫院微生物濃度評估、環境影響因子分析兩大部分，前者包含：分析各監測場所微生物濃度差異、以及與文獻或法規標準的比較，後者則針對不同環境因子於不同監測場所的表現做相關分析。

4.1 醫院空氣中真菌與細菌濃度評估

由於本研究於三所不同醫院進行採樣調查，故本節首先比較相同醫院中，不同採樣場所的真菌或細菌濃度，其下又分作 H1、H2、H3 醫院以及綜合評估等四小項來作討論，其後則針對不同醫院，但房間類型相同的採樣場所進行微生物濃度比較。

4.1.1. 不同採樣部門的真菌濃度

1. H1 醫院

圖 4-1 為 H1 醫院於採樣期間的監測結果盒狀圖，詳細平均濃度與監測月分的真菌濃度長條圖分別列於附錄 C 與附錄 D，而利用 Mann-Whitney U test 分析各監測場所真菌濃度的 p value 則列於表 4-1。根據環保署標準，醫院內的真菌濃度應在 1000 CFU/m^3 以下，H1 醫院所有監測場所皆符合標準，僅大廳 (HA) 曾發生真菌濃度監測值高達 736 CFU/m^3 ，顯著高於 H1 醫院所有其他監測場所 ($p < 0.05$)，可能係因大廳設有與室外相通之大門，較易受到室外真菌污染。而急診區 (EM) 附近雖然也有一通往外界的電動門，但可能因其未如大廳正門一樣設定為長時間開啟，且監測位置距出入口較遠，故減少了受室外真菌污染的機會，真菌濃度可以維持平均約 51 CFU/m^3 。

其他監測濃度相對較高的場所尚包含掛號區、美食街 (FD)、普通病房 (GS)、加護病房 (ICU) 等，平均濃度約在 100 CFU/m^3 左右。由於 H1 醫院的掛號區位於二樓，為一狹長的長方形空間，故本研究於此空間的前段與後段

各設立一監測點，平日看診時段的掛號與批價人潮均集中於前段 RE1，RE2 僅有寥寥數個候診民眾，而 RE1 的真菌濃度也顯著高於 RE2 ($p<0.05$)。而美食街位於 H1 醫院的地下一樓，於午、晚餐時段監測時總是人來人往，普通病房則位於九樓，平日僅有住院病患及護理人員於房內活動，但兩者的真菌濃度並無顯著差別。另外加護病房、手術房 (OR) 與呼吸照護中心 (RCC) 皆位於 H1 醫院的五樓，但呼吸照護中心的平均真菌濃度只有 13 CFU/m³，手術房更只有 3 CFU/m³，顯著低於加護病房及其他監測點 ($p<0.05$)，此外加護病房在十月與二月份晚間有真菌濃度突然上升跡象，可能是由於監測時恰好遇到會客時間，受到親友進出影響所致。

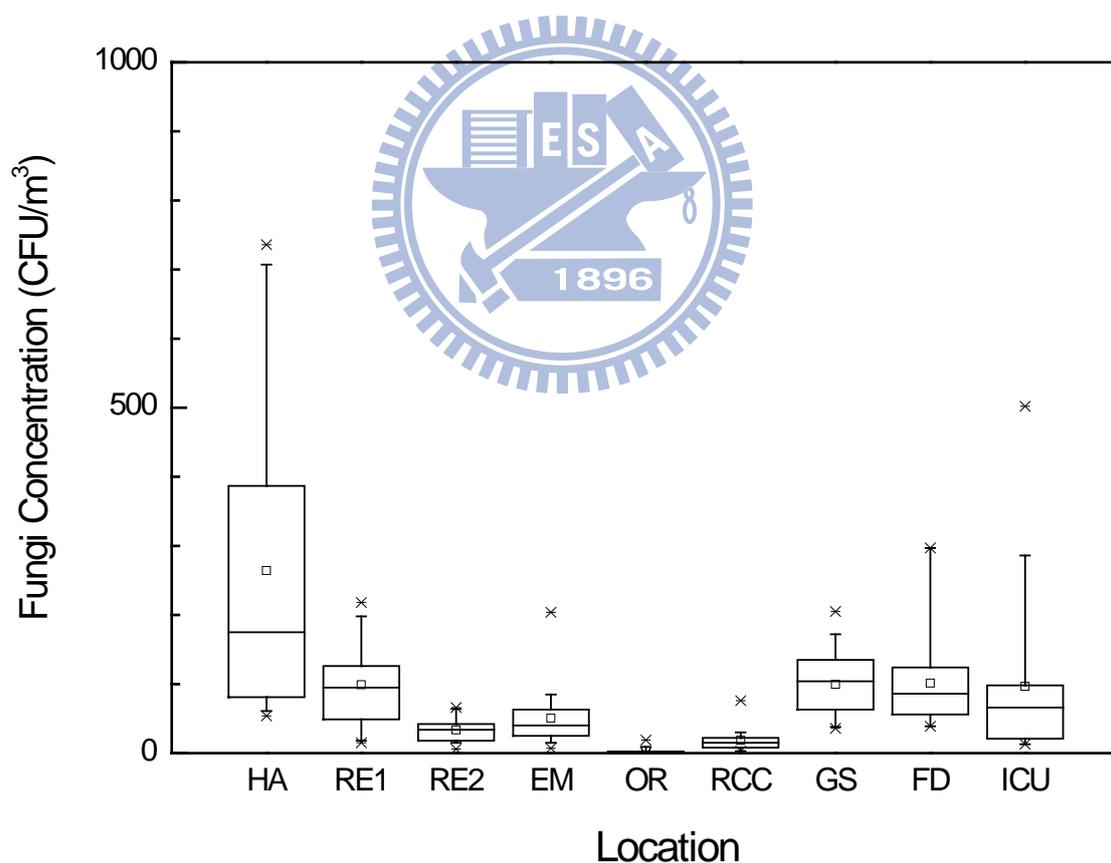


圖 4-1 H1 醫院室內場所空氣中真菌濃度盒狀圖

表 4-1 Mann-Whitney U test 分析 H1 醫院室內場所真菌濃度 p -value

p -value	HA	RE1	RE2	EM	OR	RCC	GS	FD	ICU
HA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RE1	0.017	-	-	-	-	-	-	-	-
RE2	0.000	0.001	-	-	-	-	-	-	-
EM	0.000	0.007	0.340	-	-	-	-	-	-
OR	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-
RCC	0.000	0.000	0.015	0.001	0.000	-	-	-	-
GS	0.019	0.850	0.000	0.003	0.000	0.000	-	-	-
FD	0.020	0.869	0.001	0.010	0.000	0.000	0.856	-	-
ICU	0.005	0.126	0.121	0.345	0.000	0.002	0.081	0.125	-

2. H2 醫院

圖 4-2 為 H2 醫院的監測結果盒狀圖，詳細平均濃度與監測月分的真菌濃度長條圖分別列於附錄 C 與附錄 D，而 Mann-Whitney U test 分析結果的 p -value 則列於表 4-2。由圖與表可觀察出，南棟一樓 (S1) 的真菌濃度顯著高於 H2 醫院其他採樣場所 ($p < 0.05$)，平均濃度約 375 CFU/m^3 ，可能係因為南棟一樓監測位置的左右兩方皆為通往室外的出入口，受室外空氣影響導致真菌濃度居高不下，最高曾達 1136 CFU/m^3 。而急診 (EM) 與掛號區 (RE) 同樣位於 H2 醫院的一樓，周圍同樣擁有供民眾進出的自動門，只是急診的監測位置距門較近，真菌濃度約 277 CFU/m^3 ，掛號區的監測點則靠建築物內側，白日人潮眾多，平均濃度較急診為低，約 117 CFU/m^3 ，但兩者的真菌濃度無顯著差異 ($p > 0.05$)。

內科 (DM)、外科候診區 (DS) 皆位於二樓，也為 H2 醫院監測濃度較高的場所，起因也可能是因為此兩區候診人數多，增加了污染來源所致，內科候診區白日門診時段室內人口密度高，多於外科候診區，但晚上時因內科合併至外科門診，此區關閉不開放，由直條圖觀察可發現白日時段真菌濃度

會略高於晚上，平均真菌濃度約 119 CFU/m^3 ，低於外科的平均濃度 201 CFU/m^3 ，但兩者經 Mann-Whitney U test 分析濃度並無顯著不同 ($p>0.05$)。

七樓的普通病房 (GS) 的平均真菌濃度 142 CFU/m^3 ，顯著高於九樓胃鏡室 (ER) 的平均濃度 91 CFU/m^3 ($p<0.05$)，普通病房人員出入單純，真菌濃度波動範圍不大，而胃鏡室平時出入人口極少，約在五人以下，開放時間也僅至下午五點為止，平均真菌濃度較其他監測點略低，除了二月份下午胃鏡室的監測濃度突然提高至 482 CFU/m^3 ，可能起因於當天監測時正好在打掃與上蠟，因此遭受污染。其他如手術房 (OR)、加護病房 (ICU) 等需要特別清潔的醫院部門，真菌濃度顯著低於其他採樣場所 ($p<0.05$)，加護病房平均濃度約 18 CFU/m^3 ，手術房則僅有 8 CFU/m^3 。

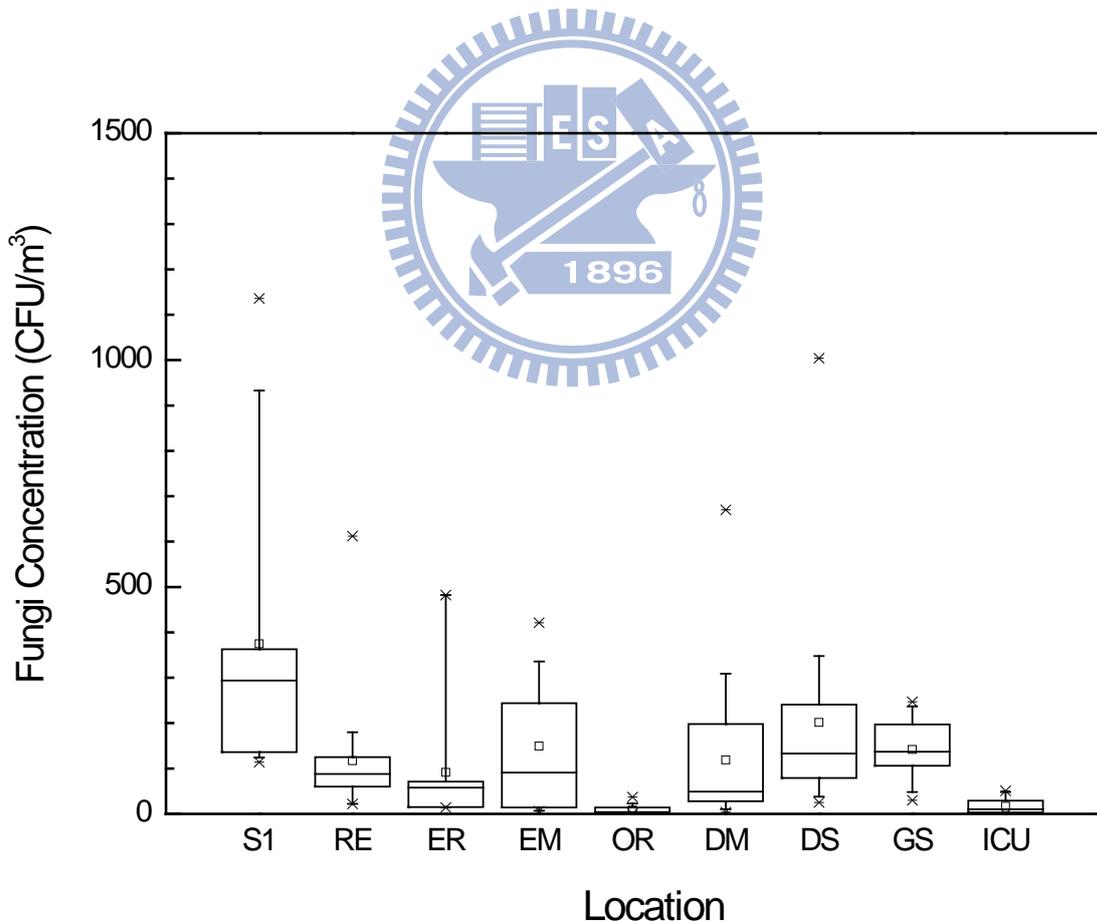


圖 4-2 H2 醫院室內場所空氣中真菌濃度盒狀圖

表 4-2 Mann-Whitney U test 分析 H2 醫院室內場所真菌濃度 p -value

p -value	S1	RE	ER	EM	OR	DM	DS	GS	ICU
S1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RE	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-
ER	0.001	0.037	-	-	-	-	-	-	-
EM	0.009	0.843	0.450	-	-	-	-	-	-
OR	0.000	0.000	0.001	0.000	-	-	-	-	-
DM	0.000	0.225	0.837	0.499	0.000	-	-	-	-
DS	0.024	0.186	0.029	0.450	0.000	0.071	-	-	-
GS	0.006	0.047	0.009	0.692	0.000	0.055	0.885	-	-
ICU	0.000	0.000	0.009	0.001	0.201	0.002	0.000	0.000	-

3. H3 醫院

H3 醫院為三家醫院中規模較小的一家醫院，主要病人為一般婦女與嬰幼兒，圖 4-3 為其真菌濃度盒狀圖，各監測場所敘述統計數值與監測月分的真菌濃度長條圖分別列於附錄 C 與附錄 D，而利用 Mann-Whitney U test 分析的 p -value 則列於表 4-3。H3 醫院所有監測場所中，急診 (EM) 真菌濃度顯著高於其他採樣場所 ($p < 0.05$)，平均真菌濃度約 129 CFU/m^3 ，可能是因監測位置為 H3 醫院中距自動門最近，故受室外真菌影響較深。而掛號區附近雖然設有最多民眾進出的正門，出入人潮也較急診密集許多，但實際上其真菌濃度顯著低於急診，僅有 22 CFU/m^3 ，可能係因監測位置與正門尚有一段距離，且 H3 醫院正門採內外雙層形式，較能有效阻擋來自室外的空氣污染。

兒科門診候診區 (CC) 與健兒門診候診區 (HE) 皆位於一樓，普通門診候診區 (GC) 則位於 H3 醫院的二樓，此三區於看診時段活動人數較多，尤以健兒門診最為密集，但健兒門診僅開放白日時段，普通門診則晚上時人潮較多。其中健兒門診平均真菌濃度約 72 CFU/m^3 ，兒科門診真菌濃度與其並

無顯著差異 ($p>0.05$)，約 62 CFU/m³，普通門診則約 48 CFU/m³，顯著低於兒科門診與健兒門診這兩個位於一樓的監測場所 ($p<0.05$)。

其他如手術房 (OR)、產房 (DR)、嬰兒房 (BR)、加護病房 (ICU)等需要特別保持清潔的醫院部門，加護病房與嬰兒房的真菌濃度顯著高於產房與手術房 ($p<0.05$)，以加護病房的平均濃度最高約 75 CFU/m³，產房的平均濃度最低僅有 7 CFU/m³，嬰兒房則約 31 CFU/m³，雖然手術房的平均濃度經統計約達 57 CFU/m³，乃因為十月份下午監測前手術房曾進行更換燈管的工程，導致真菌濃度上升至 653 CFU/m³，經過之後的例行性清潔，當晚真菌濃度又恢復至 7 CFU/m³，恰為扣除此次真菌濃度不正常高升後的平均濃度，與 Ortiz et al. (2009) 的研究結果相同，其曾於手術房整修工程前後進行監測，同樣發現於工程後真菌濃度會顯著提高，直到清理完畢才會下降，故可知不管多小的工程皆會對醫院空氣品質有極大的影響，尤其在手術房等特別要求清潔之區域，更需要經常謹慎清理與消毒以免造成病患感染。

表 4-3 Mann-Whitney U test 分析 H3 醫院室內場所真菌濃度 p -value

p -value	CC	RE	HE	EM	OR	BR	DR	GC	ICU
CC	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RE	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-
HE	0.593	0.000	-	-	-	-	-	-	-
EM	0.000	0.000	0.004	-	-	-	-	-	-
OR	0.000	0.023	0.000	0.000	-	-	-	-	-
BR	0.001	0.254	0.000	0.000	0.006	-	-	-	-
DR	0.000	0.004	0.000	0.000	0.834	0.000	-	-	-
GC	0.033	0.002	0.014	0.000	0.000	0.027	0.000	-	-
ICU	0.070	0.086	0.046	0.001	0.004	0.394	0.000	0.563	-

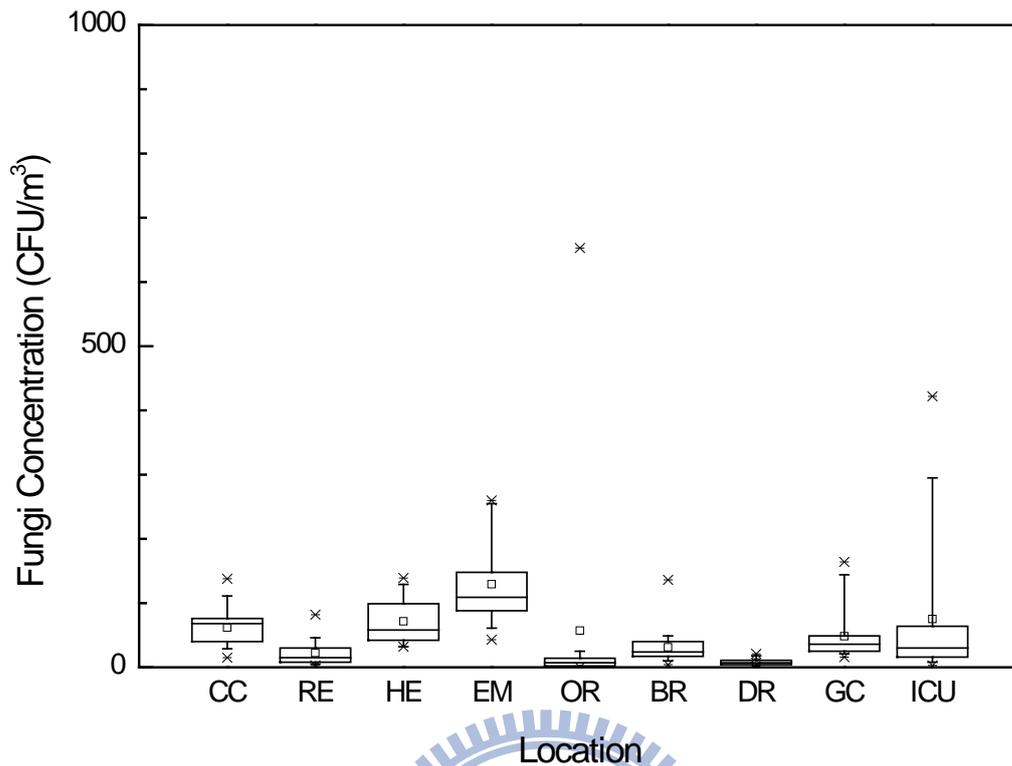


圖 4-3 H3 醫院室內場所空氣中真菌濃度盒狀圖

4. 醫院真菌濃度綜合評估

表 4-4 為三所醫院的真菌濃度不合格率，其根據不合格次數佔樣本數的百分比所計算，大致上三所醫院皆符合環保署標準—1000 CFU/m³ 以下，僅有 H2 醫院分別於九十九年四月分下午於外科候診區、以及九十九年六月分晚上於南棟一樓的監測值超標，前者當天其他時段真菌濃度僅在 40 CFU/m³，只有下午的濃度突然高升至 1004 CFU/m³，可能為突發性的室內污染源所導致；而南棟一樓本就為 H2 醫院平均真菌濃度最高的監測場所，六月分採樣當天平均濃度便達 950 CFU/m³，尤以晚上濃度 1136 CFU/m³ 最高，為 H2 醫院需詳加控管 IAQ 之部門。另外三所醫院的監測場所依照其真菌濃度高低，分做三類列於表 4-5，以便觀察醫院各類型部門的 IAQ 程度。

表 4-4 三所醫院室內場所的真菌濃度不合格率

醫院	採樣場所	樣本數	真菌不合格率 ^a (%)
H1	大廳	17	0
	掛號區(一)	17	0
	掛號區(二)	14	0
	急診	17	0
	手術房	15	0
	加護病房	15	0
	呼吸照護中心	13	0
	普通病房	15	0
	美食街	11	0
H2	南棟一樓	16	6.2
	掛號區	18	0
	胃鏡室	9	0
	急診	17	0
	手術房	15	0
	加護病房	15	0
	普通病房	15	0
	內科候診區	18	0
	外科候診區	15	6.7
	兒科候診區	18	0
H3	掛號區	18	0
	健兒門診候診區	16	0
	急診	17	0
	手術房	13	8.3
	加護病房	15	0
	普通門診候診區	17	0
	產房	15	0
	嬰兒房	15	0

^a 高於環保署對於空氣中真菌濃度標準值 1000 CFU/m³ 為不合格

表 4-5 三所醫院室內場所的空氣中真菌濃度分類結果

醫院	空氣品質良好 ($< 50 \text{ CFU/m}^3$)	接近環保署建議值 ($700 - 1000 \text{ CFU/m}^3$)	超出環保署建議值 ($> 1000 \text{ CFU/m}^3$)
H1	手術房 呼吸照護中心	大廳	
H2	手術房		南棟一樓 外科候診區
H3	手術房、產房		

註：本表排除非常態事件所導致（如工程進行）之濃度最大值記

4.1.2. 不同採樣部門的細菌濃度

1. H1 醫院

圖 4-4 為 H1 醫院空氣中細菌濃度盒狀圖，各監測場所敘述統計數值與監測月分的細菌濃度長條圖分別列於附錄 C 與附錄 E，而 Mann-Whitney U test 分析結果的 p -value 則列於表 4-6。H1 醫院細菌濃度最高的三個監測點為掛號區(一) (RE1)、大廳 (HA) 及美食街 (FD)，也是整家醫院活動人數最頻繁的三個區塊，前兩者的平均細菌濃度皆在 430 CFU/m^3 上下，但由於 H1 醫院的掛號區位於二樓，空間未如大廳寬廣，單位空間人口數也較大廳密集，故平均濃度還是掛號區(一)稍高一點，最高濃度曾達 1419 CFU/m^3 ，大廳最高值則為 739 CFU/m^3 ，兩者細菌濃度皆顯著高於其他監測場所 ($p < 0.05$)，而美食街僅有在用餐時段會湧入較多人潮，故採樣時段也選擇午、晚餐之際，平均濃度約 327 CFU/m^3 ，但午餐時段活動人數通常為晚餐時段的四至五倍，造成午餐時段的細菌濃度也經常高於晚餐時段，最大值便發生在六月份的午餐時段，達 806 CFU/m^3 。另外由於 H1 醫院掛號區是一狹長的長方型開放空間，人潮均集中於掛號區(一)，活動人數較少的掛號區(二) (RE2) 的平均細菌濃度僅有 221 CFU/m^3 ，顯著低於掛號區(一) ($p < 0.05$)，細菌濃度最大值約 760 CFU/m^3 ，僅約掛號區(一)的二分之一，顯示出人類活動影響的重要性。

而急診 (EM) 與普通病房 (GS) 為 H1 醫院中細菌濃度居中的場所，急診平均濃度約 158 CFU/m³，普通病房則約 216 CFU/m³，大多數時候普通病房三個時段的監測濃度相當平均，但在六月分下午細菌濃度突然大幅增加，濃度高達 1484 CFU/m³，而監測當下並無發生特殊事件，且當天其他時段監測濃度都相當正常。其他需要保持清潔採樣地點如手術室 (OR)、加護病房 (ICU) 與呼吸照護中心 (RCC) 中，加護病房為此三個部門中空間最大、最為開放、也是活動人數最多的場所，故平均細菌濃度也較高，約 92 CFU/m³，最高值曾達 582 CFU/m³，而呼吸照護中心為具有多間隔間的長方形空間，監測時選擇其中一小隔間進行採樣，每個隔間包含兩床病房，平日僅有護理人員活動，故空間相對於 ICU 較為封閉、活動人員也更為稀少，平均濃度約 54 CFU/m³，但細菌濃度還是以控管最嚴的手術房最低，平均濃度僅約 17 CFU/m³，顯著低於所有採樣點 ($p < 0.05$)。

表 4-6 Mann-Whitney U test 分析 H1 醫院室內場所細菌濃度 p -value

p -value	HA	RE1	RE2	EM	OR	RCC	GS	FD	ICU
HA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RE1	0.582	-	-	-	-	-	-	-	-
RE2	0.007	0.048	-	-	-	-	-	-	-
EM	0.000	0.011	0.592	-	-	-	-	-	-
OR	0.000	0.000	0.002	0.000	-	-	-	-	-
RCC	0.000	0.000	0.026	0.000	0.027	-	-	-	-
GS	0.004	0.041	0.600	0.375	0.000	0.000	-	-	-
FD	0.213	0.589	0.273	0.054	0.000	0.000	0.040	-	-
ICU	0.000	0.000	0.067	0.003	0.005	0.252	0.024	0.001	-

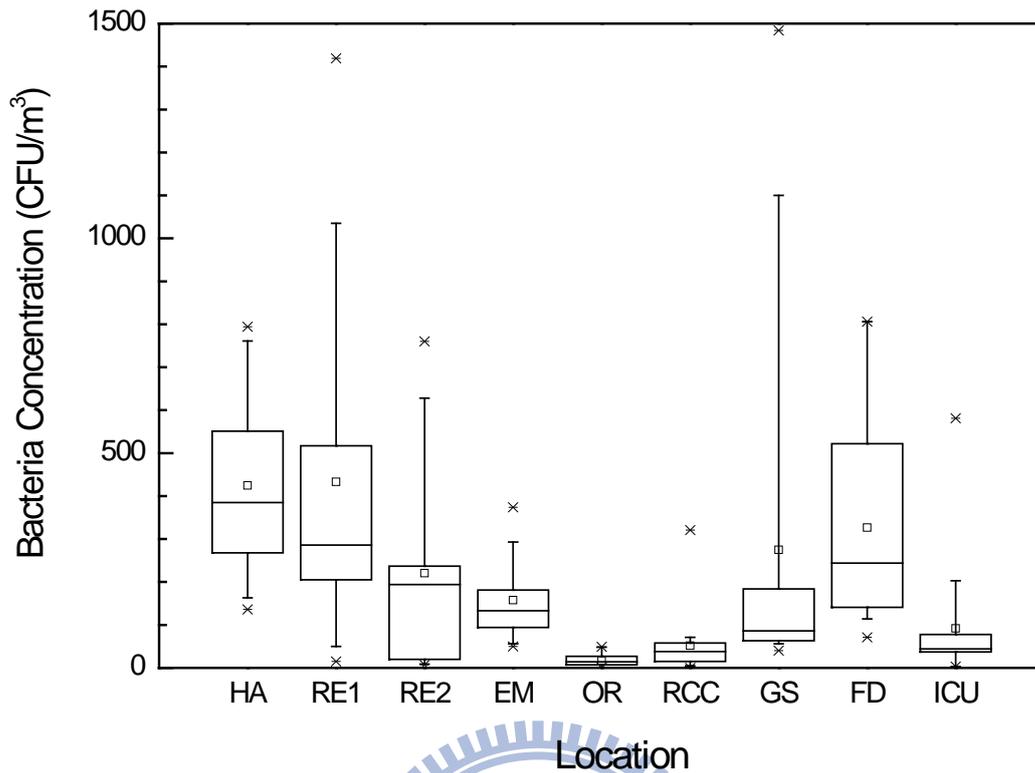


圖 4-4 H1 醫院室內場所空氣中細菌濃度盒狀圖

2. H2 醫院

圖 4-5 為 H2 醫院監測結果盒狀圖，各採樣場所詳細濃度與各監測月分的細菌濃度長條圖分別列於附錄 C 與附錄 E，而 Mann-Whitney U test 分析結果的 p -value 則列於表 4-7。由圖可看出 H2 醫院平均細菌濃度最高的四個監測點分別為南棟一樓 (S1)、掛號區 (RE)、與內科 (DM)、外科候診區 (DS)，南棟一樓平日活動人數少於其他三個監測場所，但其細菌平均濃度卻為 H2 醫院之冠，達 378 CFU/m^3 ，且白日時段的細菌通常高於晚上，推測可能是受到室外空氣污染所致，濃度最高時曾達 1001 CFU/m^3 。另外根據監測時的觀察，掛號區、內外科候診區經常為 H2 醫院人員活動最頻繁的區域，平均細菌濃度也高於其他場所，但由長條圖觀察可發現細菌濃度於白日時段通常高於晚上，可能係由於此三個監測點人潮均集中於白日時段，到了晚上門診數量減少或關閉時，活動人數下降減少了生物污染源所致。掛號區為 H2 醫

院監測場所中平均濃度次高，約 359 CFU/m³，內外科候診區的平均濃度則皆是 299 CFU/m³，但 H2 醫院於監測期間內的細菌濃度最大值，便是發生在六月份上午的內科候診區，達 1110 CFU/m³。

H2 醫院的急診由於部門性質關係，活動人數無上述的顯著差別，細菌濃度分佈較無極端值的出現，平均濃度約 149 CFU/m³，最高也僅達 694 CFU/m³。至於普通病房則如前述所說，因其房間性質較為封閉，進出口也相當單純，但相對的清潔次數並不多，細菌濃度並無特殊規律，端看當時房內的人類活動程度，平均濃度約 207 CFU/m³，最高濃度發生在十月份早上約 765 CFU/m³，當時病人正與家屬吃飯。其他如手術房 (OR)、加護病房 (ICU)、胃鏡室 (ER) 的監測濃度都相當低，加護病房平均細菌濃度約 63 CFU/m³，胃鏡室約 31 CFU/m³，而手術房的空氣品質最好，平均濃度約 21 CFU/m³，最高濃度僅達 61 CFU/m³，但此三監測點的細菌濃度均顯著低於其他場所 ($p < 0.05$)。

表 4-7 Mann-Whitney U test 分析 H2 醫院各場所細菌濃度 p -value

p -value	S1	RE	ER	EM	OR	DM	DS	GS	ICU
S1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RE	0.863	-	-	-	-	-	-	-	-
ER	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-	-
EM	0.331	0.355	0.000	-	-	-	-	-	-
OR	0.000	0.000	0.189	0.000	-	-	-	-	-
DM	0.147	0.145	0.090	0.391	0.001	-	-	-	-
DS	0.286	0.458	0.001	0.895	0.000	0.406	-	-	-
GS	0.031	0.023	0.000	0.174	0.000	0.971	0.281	-	-
ICU	0.000	0.000	0.404	0.000	0.115	0.053	0.001	0.003	-

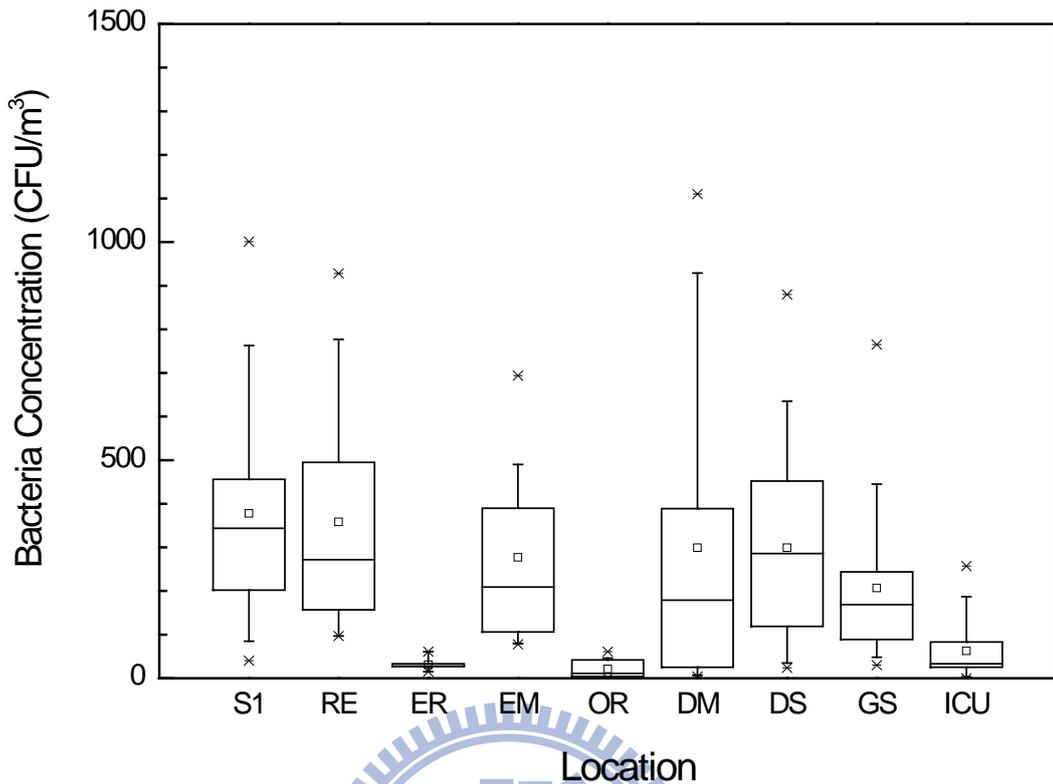


圖 4-5 H2 醫院各採樣場所空氣中細菌濃度盒狀圖

3. H3 醫院

圖 4-6 為 H3 醫院細菌濃度監測結果盒狀圖，各採樣場所敘述統計詳細數值與各監測月分的細菌濃度長條圖分別列於附錄 C 與附錄 E，而 Mann-Whitney U test 分析結果的 p value 則列於表 4-8。H3 醫院為三家採樣醫院中占地最小的一間醫院，但由於醫院的性質，前來就診的婦女與幼童甚多，造成院內人口密度高，其平均細菌濃度也為三家醫院之冠。

就活動人數而言，兒科門診 (CC) 與健兒門診候診區 (HE) 為人口密度最高的監測點，健兒門診的平均細菌濃度 436 CFU/m^3 ，較兒科門診 600 CFU/m^3 為低，但兩者無統計上的顯著差別，可能係由於健兒門診僅於白日開放，兒科門診時段則由早至晚，故 HE 晚上明顯下降的細菌濃度降低了整體平均，不過因為白日前來就診人潮眾多，H3 醫院的細菌監測濃度最大值

便發生在十月分下午，達 1844 CFU/m^3 ，鑒於健兒門診通常為嬰幼兒施打預防針之處，此高細菌濃度應為醫院改善的首要目標，而兒科門診的平均細菌濃度為 H3 醫院之冠，細菌濃度最高時也曾達 1547 CFU/m^3 ，也應列入 IAQ 控管範圍。

急診 (EM) 與普通門診 (GC) 也屬 H3 醫院中細菌濃度較高的監測點，平均分別為 349 CFU/m^3 和 307 CFU/m^3 ，急診由於是全天候開放，故細菌濃度較少規律的變化趨勢，此外鄰近的急診室大門也常有運送貨物或病患進出，故監測濃度常維持一略高範圍，最高濃度曾達 835 CFU/m^3 ；而普通門診候診區的看診人數，在晚上為高峰期，故由附錄 E 的長條圖也可看到晚上時段細菌濃度會明顯提升，最大濃度為 687 CFU/m^3 。然而掛號區 (RE) 於 H3 醫院也屬人潮活動較多的監測點，甚至高於急診與普通門診，但實際上其細菌濃度卻顯著低於兒科門診、急診與普通門診 ($p < 0.05$)，平均僅約 143 CFU/m^3 。

由於 H3 醫院有較另兩家醫院多的孕婦來此進行產檢或生產，故本研究選擇了五樓的嬰兒房進行監測，其房間內平時僅有護理人員進出，進行新生兒的照護工作，平均細菌濃度約 149 CFU/m^3 ，於 H3 醫院屬居中程度，尚有改進空間。其他如加護病房 (ICU)、手術室 (OR)、產房 (DR) 等細菌濃度都不高，分別為 64 CFU/m^3 、 34 CFU/m^3 與 29 CFU/m^3 ，皆顯著低於其他監測場所 ($p < 0.05$)。

表 4-8 Mann-Whitney U test 分析 H3 醫院室內場所細菌濃度 p -value

p -value	CC	RE	HE	EM	OR	BR	DR	GC	ICU
CC	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RE	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-
HE	0.112	0.241	-	-	-	-	-	-	-
EM	0.338	0.000	0.471	-	-	-	-	-	-
OR	0.000	0.002	0.001	0.000	-	-	-	-	-
BR	0.001	0.857	0.465	0.001	0.000	-	-	-	-
DR	0.000	0.001	0.000	0.000	0.564	0.000	-	-	-
GC	0.097	0.007	0.654	0.779	0.000	0.014	0.000	-	-
ICU	0.000	0.043	0.020	0.000	0.134	0.013	0.029	0.000	-

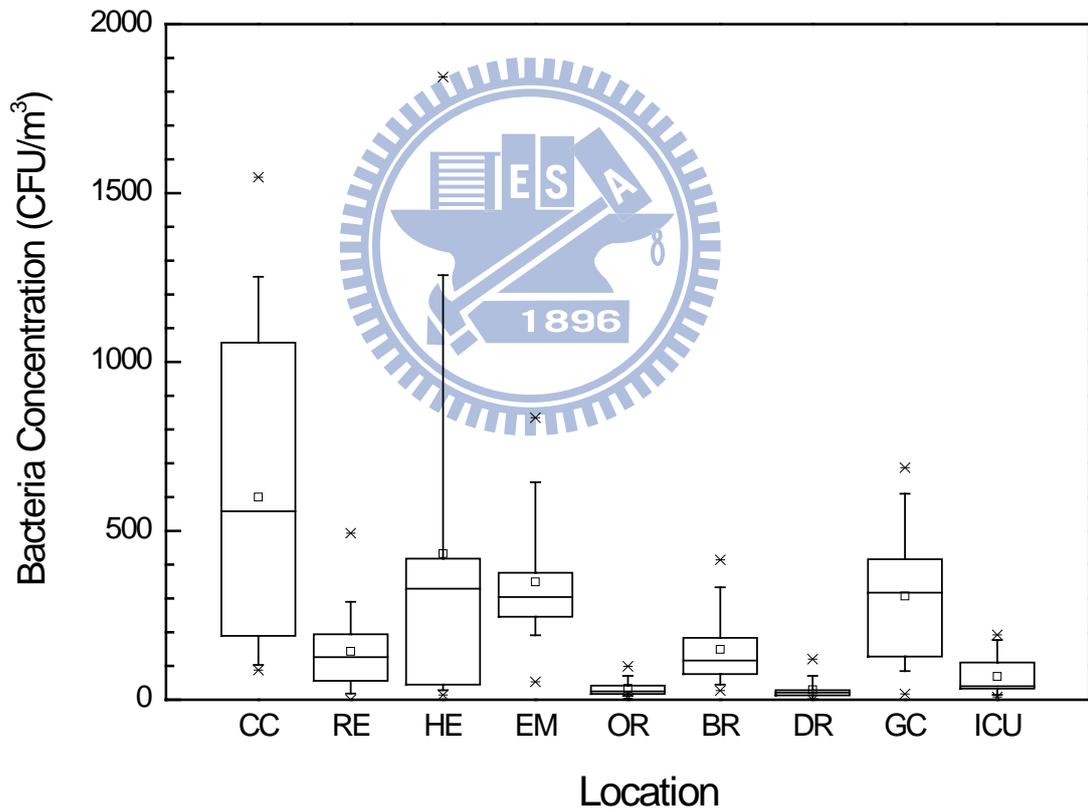


圖 4-6 H3 醫院室內場所空氣中細菌濃度盒狀圖

4. 醫院細菌濃度綜合評估

根據環保署的室內空氣污染物建議值，考慮到醫院有許多病患與抵抗力低弱的婦孺老幼，因此將醫院規劃為標準較為嚴苛的第一類場所，建議值為 500 CFU/m³ 以下；另外本研究又參考 ASHRAE 的建議值（請見 2.1.3 節之表 2-4），某些需要特別乾淨的區域，如本研究中的手術房、加護病房、產房與嬰兒房等，其細菌濃度應在 200 CFU/m³ 以下。表 4-9 根據三所醫院的細菌濃度，將需要注意 IAQ 的場所分成了四類，而表 4-10 則根據各場所監測的次數，計算出不合格率。

由下列兩表可發現超出環保署建議值的場所，常是活動人數密度較高的地方，如各科的門診候診區、掛號區、急診、美食街、大廳等，在三家醫院共二十七個監測地點中，就有十五個地點其細菌濃度曾超出環保署建議值。其中，應列為首要改善目標的場所包含：H1 醫院的掛號區(一)和普通病房、H2 醫院的南棟一樓與內科候診區、H3 醫院的兒科及健兒門診，尤其是 H3 醫院的兒科候診區 IAQ 最為堪慮，其平均細菌濃度 600 CFU/m³ 便已在標準之上，不合格率更高達 50%。而三所醫院的加護病房雖未超出我國環保署標準，但其細菌濃度卻超過了 ASHRAE 的建議值，與手術房及產房等 IAQ 優良的醫院部門相較，尚有許多改進空間。

表 4-9 三所醫院室內場所的空氣中細菌濃度分類結果

醫院	超出 ASHRAE— 清潔區域標準 (>200 CFU/m ³)	接近第一類建議值 (400-500 CFU/m ³)	超出第一類建議值 (500-1000 CFU/m ³)	遠超出第一類建議值 (>1000 CFU/m ³)
H1	加護病房		大廳、掛號區(二) 美食街、加護病房	掛號區(一)、普通病房
H2	加護病房		掛號區、急診 外科、普通病房	南棟一樓 內科
H3	加護病房 嬰兒房	掛號區	急診、普通門診	兒科門診、健兒門診

註：本表排除非常態事件所導致（如工程進行）之濃度最大值記錄

表 4-10 三所醫院室內場所的細菌濃度不合格率

醫院	地點	樣本數	細菌濃度不合格率 ^a (%)
H1	大廳	17	29.4
	掛號區(一)	17	29.4
	掛號區(二)	14	14.3
	急診	17	0
	手術房	15	0
	加護病房	15	6.7
	呼吸照護中心	13	0
	普通病房	15	13.3
	美食街	11	27.3
H2	南棟一樓	16	25
	掛號區	18	22.2
	胃鏡室	9	0
	急診	17	5.9
	手術房	15	0
	加護病房	15	0
	普通病房	15	6.7
	內科候診區	18	22.2
	外科候診區	15	20
H3	兒科門診候診區	18	50
	掛號區	18	0
	健兒門診候診區	16	25
	急診	17	17.6
	手術房	13	0
	加護病房	15	0
	普通門診	17	17.6
	產房	15	0
	嬰兒房	15	0

^a. 高於環保署對於第一類場所的空氣中細菌濃度標準值 500 CFU/m³ 為不合格

4.1.3 相同類型採樣部門的真菌與細菌濃度比較

本研究於 H1、H2 與 H3 醫院進行真菌與細菌濃度採樣調查，除了前述 4.1.1 與 4.1.2 節列出了各醫院應需注意 IAQ 之場所，本節選擇了三所醫院的手術房、加護病房、普通病房、急診、掛號區等五種相同類型的醫院部門，進行生物氣膠濃度評比，並利用 Mann-Whitney U test 分析真菌與細菌濃度是否有顯著差異，各部門的平均濃度以及統計分析結果分別列於附錄 C 與附錄 F。

1. 手術房 (OR)

手術房是醫生為病患執行手術之處，而手術時通常是病患抵抗力低弱的時候，此種情況下最易受到周圍環境的感染，因此各家醫院針對手術房除了管理嚴格，對環境的清潔更是相當要求。其實所監測三家醫院的手術室空氣品質皆良好，H1 醫院的平均真菌濃度最低，僅有 2.9 CFU/m³，H2 醫院居中，為 8.5 CFU/m³，與 Li and Hou (2003) 於台灣監測平均濃度 4 CFU/m³ 相差無幾，但皆高於 Ortiz et al (2009) 於西班牙醫院監測的平均濃度 0.05 CFU/m³。而三所醫院中以 H3 平均真菌最高，為 57 CFU/m³，其真菌濃度顯著大於 H1 醫院 ($p < 0.05$)，但實際上 H3 醫院平均真菌濃度雖高於另兩家醫院，但也是因為十月份下午採樣時正好遇到工程剛結束，當次真菌濃度高升至 653 CFU/m³，若此非常態事件不列入平均計算，其真菌濃度僅有 7.4 CFU/m³，與另兩家醫院所差無幾。

於細菌濃度方面，三所醫院的手術房並無顯著差異 ($p > 0.05$)，但平均濃度還是以 H1 醫院最低，僅有 17.2 CFU/m³，H2 醫院居中，為 21.1 CFU/m³，H3 醫院最高，達 33.8 CFU/m³，與 Ortiz et al (2009) 於西班牙的監測結果 25.6 CFU/m³ 無太大差異，但皆低於 Li and Hou (2003) 於台灣醫院的監測平均濃度 88 CFU/m³。此外 H3 醫院的細菌濃度於十月份下午時為 25 CFU/m³，當天早上與晚上時段的細菌濃度分別為 27 與 18 CFU/m³，並無太大區別，顯

示室內工程對於真菌的影響遠大於細菌，此推論也同樣發現於與 Ortiz et al (2009) 的研究中。

2. 加護病房 (ICU)

進入加護病房的病患，大都是重病在床難以起身，需要長期臥床的人，因此加護病房也被 ASHRAE 列入清潔區域標準中，建議細菌濃度需在 200 CFU/m³ 以下。不同於三所醫院的手術房不論是空間大小或設備位置皆相差無幾，監測時也僅有採樣人員於房內工作，加護病房則於空間配置及活動人數方面皆有所差異，H2 醫院的加護病房空間最為寬廣，中央區域為護理人員工作區，與病床僅有布簾的區隔，病人以及護理人員數量也最多，總合人數約達 20 上下；H1 醫院的加護病房空間大小居中，病床與工作區也是僅有布簾的區隔，平日活動人數約 10 人左右；H3 醫院所監測的加護病房則空間最小，為一獨立房間，病患皆為新生兒，護理人員工作區位於房外，僅有一門相通，平日房內人數約 10 人左右，但護理人員所占比例較另兩間醫院小。

三所醫院中以 H2 醫院的加護病房真菌與細菌平均濃度最低，真菌僅 17.1 CFU/m³，細菌為 62.7 CFU/m³，但其於十月分下午細菌濃度曾超出 ASHRAE 的標準，達 257 CFU/m³。而 H3 醫院的加護病房屬新生兒加護病房，所有病患皆是剛出生的小嬰兒，因此抵抗力特別脆弱，微生物平均濃度在三所醫院居中，真菌約 75.2 CFU/m³，細菌約 68.7 CFU/m³，所有監測值皆符合環保署或 ASHRAE 的標準，但其平均微生物與 H2 醫院相較起來尚有改善空間。而空氣品質最需要改進的為 H1 醫院加護病房，其真菌與細菌的平均濃度都接近 100 CFU/m³，真菌最高濃度曾達 502 CFU/m³，細菌最高則達 508 CFU/m³，超過環保署第一類標準 (500 CFU/m³)。

經 Mann-Whitney U test 統計結果，H2 醫院加護病房的真菌濃度顯著低於另外兩家醫院 ($p < 0.05$)，也低於黃等人 (2006) 於台灣醫院進行監測的結果 (44 CFU/m³)，但 H2 與 H3 醫院則較其高。而於細菌方面，三所醫院於

統計上並無顯著差異 ($p>0.05$)，皆低於黃等人 (2006) 於台灣醫院採樣的平均細菌濃度 (163 CFU/m^3)。

3. 普通病房 (GS)

普通病房的病人形形色色，從年輕到老年，自無法行走至普通外傷皆有，故病房常隨著病人類型不同，人類活動程度也不同，而房內的人類活動程度常會影響微生物濃度的高低，因此普通病房的微生物濃度較少出現規律性的變化趨勢。H2 醫院普通病房的平均真菌濃度較 H1 醫院為高，達 141.7 CFU/m^3 ，H1 醫院則為 99.6 CFU/m^3 ，但兩者並無顯著差異 ($p>0.05$)，皆高於 Ortiz et al (2009) 於西班牙醫院的普通病房監測結果，其平均真菌濃度僅有 10.5 CFU/m^3 。

於細菌濃度方面，H1 與 H2 醫院的細菌平均濃度均達 200 CFU/m^3 以上，前者約 216 CFU/m^3 ，後者約 207 CFU/m^3 ，兩者於統計上並無顯著差距，監測期間內均曾超出環保署第一類標準 (500 CFU/m^3)，也較 Ortiz et al. (2009) 的監測平均濃度為高 (124 CFU/m^3)，屬醫院中尚待改善 IAQ 的部門之一。

4. 急診 (EM)

急診旁皆設有急診室大門，供緊急病患運送，但也供許多其他民眾進出，自動門經常開開關關，導致室外空氣容易影響室內，且由於急診全天候開放，活動人口數較無時段上的差別，對 IAQ 的影響程度較不顯著。三家醫院中以 H1 醫院的急診空間最大，監測位置距離大門最遠，平均真菌濃度也最小，為 50.7 CFU/m^3 ；而 H2 醫院急診的空間居兩所醫院之中，但平均真菌濃度卻最高，達 149 CFU/m^3 ；H3 醫院的急診空間則最小，平時活動人數也較另兩所醫院為低，平均真菌濃度居中，約 129 CFU/m^3 。其中 H3 醫院的真菌濃度顯著大於 H1 醫院 ($p<0.05$)，而 H2 醫院急診的平均真菌濃度雖高於 H3，但其與 H1 醫院並無統計上的顯著差別，可能係由於其真菌濃度集中於八、十、六月份較高 (200 CFU/m^3 以上)，其餘月分真菌濃度較低 (100 CFU/m^3)。

以下)



之緣故。另外本研究與黃等人 (2006) 於台灣醫院急診採樣的結果相比 (121 CFU/m³)，除了 H1 醫院急診平均真菌濃度遠較其低，H2 及 H3 醫院則均較其高。

於三所醫院的急診中，H1 醫院的細菌濃度顯著小於 H2 與 H3 醫院 ($p < 0.05$)，平均濃度約 158 CFU/m³，也小於黃等人 (2006) 的平均監測濃度 247 CFU/m³，而 H2 與 H3 醫院急診的平均細菌濃度則較黃等人 (2006) 為高，前者約 277CFU/m³，後者約 349 CFU/m³，兩者皆曾超出環保署第一類標準，H2 醫院最高細菌濃度曾達 694 CFU/m³，H3 醫院則為 835 CFU/m³，其中又以 H3 醫院超標三次最為嚴重。

5. 掛號區 (RE)

掛號區常為醫院中活動人數較多的場所，因此微生物濃度受人類活動影響頗深，導致掛號區的 IAQ 常岌岌可危。三所醫院的掛號區以 H2 醫院的空間最為寬廣，白日活動人數也多，但由於晚間門診較少，晚上時段的活動人口會明顯降低，而 H1 醫院掛號區不同於另兩家醫院都位於一樓，其設置於二樓的一長方形空間中，同樣也是白日活動人口數多於晚間，活動人口密集度為三所醫院中最高，此處設監測點為掛號區(一)，而掛號區空間最小的 H3 醫院，平日活動人口數便少於 H1 與 H2 醫院，但由於晚上尚有許多門診開放，故活動人數較無時段上的波動。

H3 醫院掛號區為三所醫院中平均真菌濃度最低，約 22 CFU/m³，顯著低於另兩所醫院 ($p < 0.05$)，其最高濃度也僅有 82 CFU/m³，甚至低於 H1 與 H2 醫院的平均真菌濃度，前者約 99 CFU/m³，後者則 117 CFU/m³，其中 H2 醫院不僅為平均真菌濃度最高，其最大監測值為 612 CFU/m³，也遠高於 H1 醫院的最大監測濃度 218 CFU/m³。而於細菌濃度監測上，H3 醫院掛號區也為三所醫院中平均細菌濃度最低，平均約 143 CFU/m³，顯著低於 H1 與 H2 醫院 ($p < 0.05$)，而 H2 醫院的平均細菌濃度為 359 CFU/m³，H1 醫院

則為 433 CFU/m³。其中 H1 醫院不僅細菌平均濃度就接近環保署標準 (500 CFU/m³)，十七次監測中便有五次超標，最高值曾達 1419 CFU/m³，而具同樣情形的尚有 H2 醫院掛號區，其十八次監測中曾有四次超標，因此不論於室內真菌濃度或細菌濃度評估上，均以 H3 醫院空氣品質最為良好，未曾出現超標情形，另兩所醫院的 IAQ 則尚待改善。

4.2 環境影響因子評估

室內真菌與細菌濃度的變化趨勢，往往受到許多環境因子所影響，本研究參考許多文獻及根據採樣場所的特性，選擇月份、室內人口數量、CO₂ 濃度、溫濕度、室外空氣影響以及時段做為相關因子，進行統計分析，以評估各類監測地點的環境影響因子。

4.2.1 月份

氣候的變遷帶來了四季的變化，也影響了微生物所生長的環境條件，故本研究使用 Kruskal-Wallis test 評估醫院的微生物濃度是否會隨著月份的變化而有顯著的變遷，詳細的分析數據列於附錄 G 中。

統計的結果顯示，大部分監測場所的微生物濃度，會隨著月份的變化而有顯著不同 ($p < 0.05$)，如 H1 醫院大部分的室內監測場所，其真菌濃度於四月份春季時最低，包含掛號區 (RE1、RE2)、急診 (EM)、加護病房 (ICU)、呼吸照護中心 (RCC) 與普通病房 (GS)，而真菌濃度最高的月份則為九十八年八月或九十九年六月份，約為台灣夏季，包含了除手術房 (OR) 及普通病房外的所有室內監測場所。但 H1 醫院的室外真菌濃度則於十月份秋季時最低，同室內一樣於六月份的夏季最高，與室外分析結果相同的尚有 H1 醫院的大廳，其也是離室外空氣採樣點最近的監測場所，故可能為室外空氣影響所致。而 H2 醫院大多數監測場所的真菌濃度也有季節之分，除了內科候診區 (DM) 與普通病房 (GS) 並無受到月份季節的顯著影響外 ($p > 0.05$)，

其他監測點的真菌濃度普遍於十二月或二月份最低，六月份最高，前者約莫為台灣冬季時節，後者則為台灣夏季時節。

然而在 H3 醫院中，僅有半數的監測場所其真菌濃度會顯著隨著月份而變化 ($p < 0.05$)，包含健兒門診 (HE)、急診 (EM)、手術房 (OR)、加護病房 (ICU) 與室外空氣 (OUT) 監測點。但前四項室內監測場所的最高或最低真菌濃度並無如前述兩醫院般，集中於夏季或冬季月份，無統一規律，而室外真菌濃度則與 H1 醫院的室外空氣分析結果相同，係以十月最低六月最高。

許多文獻研究結果顯示，室內外真菌濃度於夏季或秋季較高、冬季與春季較低 (Chao et al., 2002; Lee and Jo, 2006; Mota et al., 2008; Shelton et al., 2002; Wu et al., 2007)，而本研究的分析結果也同樣顯示：三所醫院不論室內外的真菌濃度多數於夏季時節顯著較高，但較低的真菌濃度不僅發生於冬春兩季，也可能發生於秋季，如 H1 與 H3 醫院的室外空氣監測結果，與前述文獻的研究結果有所出入。

於細菌濃度方面，H1 醫院大部分室內監測場所其細菌濃度會隨月份有顯著差異 ($p < 0.05$)，但各場所的最高與最低細菌濃度並無統一發生於特定月份的傾向，如普通病房、急診與室外細菌濃度皆於六月份的夏季最高，但前二室內場所於四月份時細菌濃度較低，室外則於十二月份的冬季最低。其他活動人數較多的場所如大廳與美食街，其細菌濃度皆於二月份的冬季較低，但細菌濃度大廳係於八月份較高，美食街則於四月時節較高，另外 H1 醫院的兩個掛號區與加護病房的細菌濃度則無月份上的顯著變化 ($p > 0.05$)。與 H1 醫院相較，H2 醫院各監測場所的細菌濃度均有月份上的顯著差異 ($p < 0.05$)，且濃度高低變化較為統一，大部分場所於六月份夏季時細菌濃度顯著較高，而於十二月或二月份時，細菌濃度較低，少數例外的場所包含普通病房與加護病房，其細菌濃度係於十月份秋季時較高。

而 H3 醫院與另外兩所醫院相較之下，其細菌濃度於月份上的變化並不是那麼顯著，只有半數左右監測地點的細菌濃度有月份上的顯著差異 ($p < 0.05$)，包含室外、兒科、健兒門診、急診、手術房與加護病房等，然而這幾個監測場所的細菌濃度變化趨勢並不完全一致，例如這幾個地點雖然其細菌濃度顯著於十二月或二月份冬季時較低，但室外以及兒科門診的細菌濃度係於十月份較高，健兒門診與急診則於六月份較高、而手術房與加護病房分別於十二月和四月時濃度較高。

本研究監測場所的細菌濃度，大致上係於十二月或二月份冬季時濃度較低，但細菌濃度較高的月份並不如真菌一樣皆集中於夏季時節，而是約有六成的監測場所其細菌濃度於六月或八月夏季時較高，另外三成左右則於十月份秋季時較高。在前述查閱過的文獻中，大部分文獻僅針對真菌做季節上的統計分析，少數文獻分析細菌的結果為兩者並無顯著關係 (Lee and Jo, 2006)，與本文研究結果有所出入，原因之一可能為其他文獻通常是做一年以上、研究場所較為單純專一的長期研究，而本研究由於監測場所眾多，導致數據較為分散，且醫院等公共場所人口出入較為複雜，環境因子影響微生物的程度更為廣泛。

4.2.2 室內人口數量

生物體本身便是室內空氣中微生物的重要汙染來源之一，尤其醫院裡人來人往，包含病人、家屬及工作人員等，當人潮擁擠時，室內空氣品質便會急遽下降，故本研究使用 Spearman correlation coefficient 分析微生物濃度與室內人口數的相關性，詳細分析數據列於附錄 H。

根據分析結果，三所醫院約有 96% 的監測場所，其真菌濃度與現場活動人數並無相關性 ($p > 0.05$)，僅有 H3 醫院之掛號處 (RE) 例外。但是於細菌濃度方面，約有 41% 左右的監測場所顯示室內細菌濃度與活動人口多寡

有所關聯 ($p < 0.05$)，包含 H1 醫院的大廳 (HA)、掛號區 (RE1、RE2)、呼吸照護病房 (RCC) 與普通病房 (GS)，H2 醫院的掛號區 (RE) 與內科候診區 (DM)，H3 醫院的兒科 (CC)、健兒候診區 (HE)、掛號區 (RE) 與急診 (EM)，這些監測場所絕大多都是醫院中活動人口較多之處 (如表 4-11 至 4-13 所示)，然而少數如普通病房、呼吸照護病房等監測地點，可能係因其空間較為密閉且狹小，故人數多寡對細菌濃度影響程度也較大。

本研究分析結果與 Hwang et al. (2010) 的研究相反，其研究顯示車站內細菌濃度與現場活動人口並無顯著相關，但本研究則有 41% 的監測場所其細菌濃度與活動人數具有相關性，且這些場所大多是人口密集處，而于 (2007) 於台灣醫院的研究結果也與本研究相同。然而于 (2007) 的研究除了顯示空氣中細菌濃度與現場人數相關外，其真菌濃度亦與人口數有關，當人數越多時真菌濃度也越高，此結果卻與本研究的分析有所差異，本研究有 96% 的室內監測場所顯示，真菌濃度與現場人數並無顯著相關性。

表 4-11 H1 醫院各監測場所活動人數統計

Location	HA	RE1	RE2	EM	OR	RCC	GS	FD	ICU
Ave.	37	40	13	19	1	2	3	55	11
Max	140	120	32	28	3	5	6	116	16
Min	2	1	1	11	1	1	1	15	7
SD	32	31	12	6	1	1	1	38	3

表 4-12 H2 醫院各監測場所活動人數統計

Location	S1	RE	ER	EM	OR	DM	DS	GS	ICU
Ave.	6	64	3	17	1	47	25	4	20
Max	10	150	5	28	3	110	58	7	32
Min	2	10	1	10	1	1	3	1	10
SD	3	43	2	6	1	37	16	2	7

表 4-13 H3 醫院各監測場所活動人數統計

Location	CC	RE	HE	EM	OR	BR	DR	GC	ICU
Ave.	18	19	17	5	1	5	1	13	7
Max	53	43	52	9	3	11	2	33	13
Min	2	8	1	3	1	1	0	2	1
SD	16	9	18	2	1	3	1	9	3

4.2.3 二氧化碳濃度

室內空氣中的 CO₂ 濃度，經常作為空調的室內外空氣交換率指標，理想中的室內 CO₂ 濃度應與室外相同，其室內污染來源主要為人體呼吸作用後的累積，但若室內場所設有對外的門窗通道，也可有效降低室內 CO₂ 濃度。表 4-14 至 4-16 列出三所醫院的 CO₂ 監測濃度，顯示醫院絕大多數室內場所其 CO₂ 濃度較室外為高，而少數經特別控管的醫院部門如手術房 (OR)、加護病房 (ICU)、呼吸照護中心 (RCC) 等場所，CO₂ 濃度會較其他部門為低，另外某些設有對外出入口的場所如南棟一樓 (S1)，CO₂ 濃度幾乎與室外相同。

由於室內 CO₂ 濃度除了可作為空調指標，確認空氣是否新鮮外，也可顯示出室內場所活動人數的多寡，故本研究也將 CO₂ 濃度列為微生物的影響因子之一，利用 Spearman correlation coefficient 分析其與微生物濃度的相關性，所得數據列於附錄 I 之中。

根據 Chao et al. (2002) 於美國辦公大樓的研究，發現室內真菌濃度與 CO₂ 濃度呈現負相關，與本研究 H1 醫院的手術房、H2 醫院的南棟一樓與急診 (EM) 的分析結果相同，兩者具有相關性 ($p < 0.05$) 且呈現負相關，造成原因可能係由於當空調引進室外的新鮮空氣時，同時也帶來了室外的真菌污染，此現象對於手術房之類的正壓房間尤為明顯，故一般皆會加裝污染控制設備過濾外氣。

室內 CO₂ 濃度與微生物除了呈現負相關的關係外，H1 醫院的掛號區 (RE1) 與呼吸照護中心 (RCC)、H2 醫院的掛號區 (RE) 及內科候診區 (DM)，還有 H3 醫院的掛號區 (RE) 等場所，其室內真菌與 CO₂ 濃度則呈現正相關，為判斷這些監測點 CO₂ 濃度累積的原因，本研究使用 Spearman correlation coefficient 分析 CO₂ 濃度影響因素 (如附錄 J)，選擇現場人數、溫度、濕度、室外空氣作為因子，其中現場人數可代表監測場所的 CO₂ 濃度是否由人體呼出所累積，溫濕度則與空調的設定有關，而室外 CO₂ 則會經由空調累積於室內成為 CO₂ 來源之一。

由附錄 J 的分析數據，顯示上述五個監測場所中，有四個地點的 CO₂ 濃度與活動人口有關 ($p < 0.05$)，但根據 4.2.2 節的分析結果，有九成以上場所其真菌濃度與現場人數不具顯著相關，故排除室內 CO₂ 濃度係因人體呼出累積而間接導致真菌濃度上升；而室內 CO₂ 濃度可能係由外氣引進所累積的地點含 H1 醫院的呼吸照護中心、H2 醫院的掛號區及內科候診區，皆為二樓以上的室內場所，然而根據 4.2.5 節的分析，此五監測場所中只有 H3 醫院的掛號區真菌濃度與外氣有關，故推論經由外氣引進導致 CO₂ 濃度累積並造成真菌濃度上升，似乎也不是主因；另一方面，這些場所的室內溫度與 CO₂ 濃度分析皆顯示，兩者具有顯著相關，再比對 4.2.4 節的分析結果，此五監測點的真菌濃度皆與溫度成正相關，因此推論當通風不良導致室內 CO₂ 濃度累積的同時，室溫也會較高，更適宜真菌生長；另外僅有一個地點的 CO₂ 濃度與相對溼度有關，故排除濕度的影響。

由附錄 I 的統計分析，約有 37% 的室內場所其細菌濃度與室內 CO₂ 濃度具有顯著相關性 ($p < 0.05$)，包含 H1 醫院的掛號區 (RE1、RE2)、普通病房 (GS)，H2 醫院的掛號區 (RE)、內科門診 (DM) 與加護病房 (ICU)，H3 醫院的掛號區 (RE)、健兒 (HE)、兒科 (CC)、普通門診候診區 (GC) 等，這些地點大多都是各醫院中活動人數較多的場所 (由表 4-11 至 4-13)，且根據

黃等 (2006) 於台灣某地區醫院的 IAQ 監測研究顯示，室內細菌濃度與 CO₂ 濃度呈現正相關，可能原因為室內 CO₂ 濃度主要由人體呼吸所累積，而人體又為室內主要細菌散播源之故，而本研究使用 Spearman correlation coefficient 分析 CO₂ (如附錄 J) 影響因子的結果也顯示，此十個相關場所中有 70% 的場所其 CO₂ 濃度與在場人數有顯著相關 ($p < 0.05$)，同時也比對 4.2.2 節的分析結果，這些相關場所有 80% 的其細菌濃度確與室內人數有關，故推論原因與黃等人 (2006) 之研究相符合。

表 4-14 H1 醫院各監測場所 CO₂ 濃度 (ppm)

Location	Ave	Min	Max	SD
OUT	418.57	204.71	551.39	107.74
HA	556.15	303.59	741.67	109.31
RE1	823.63	325.53	1116.34	195.95
RE2	782.61	496.50	1022.39	168.47
EM	591.65	381.28	800.88	133.46
OR	490.27	324.88	674.10	91.53
RCC	474.01	377.42	565.68	53.42
GS	743.86	604.64	916.03	113.43
FD	616.68	444.47	801.42	99.45
ICU	650.43	582.47	727.83	39.64

表 4-15 H2 醫院各監測場所 CO₂ 濃度 (ppm)

Location	Ave	Min	Max	SD
OUT	471.84	347.99	684.63	90.05
S1	472.71	390.50	678.81	103.77
RE	664.20	425.81	933.39	142.55
ER	515.17	424.06	654.00	78.70
EM	634.47	509.66	848.57	102.99
OR	576.28	448.27	746.83	93.33
DM	1025.73	525.00	1520.09	332.25
DS	784.40	294.41	1128.57	254.21
GS	723.60	547.32	1013.65	124.09
ICU	470.21	344.58	596.84	80.41

表 4-16 H3 醫院各監測場所 CO₂ 濃度 (ppm)

Location	Ave	Min	Max	SD
OUT	433.07	355.62	499.23	44.84
CC	698.61	503.85	881.44	108.34
RE	644.52	494.47	959.86	99.01
HE	762.51	397.50	1322.00	306.40
EM	572.80	493.21	638.00	60.00
OR	494.04	53.00	611.23	161.72
BR	1412.66	926.00	1789.36	300.19
GC	775.96	493.91	1435.91	321.58
ICU	760.42	568.87	989.74	131.65

4.2.4 溫濕度

各種微生物的生長有其適宜的溫度與濕度範圍，因此本研究使用 Spearman correlation coefficient 分析醫院空氣中微生物濃度與溫濕度之相關性，詳細分析數據列於附錄 K 中，而各場所的溫濕度敘述統計值則列於表 4-17 至 4-19。統計結果顯示，二十七個室內場所中有十二個場所其真菌濃度與室溫具顯著相關 ($p < 0.05$)，包含 H1 醫院的掛號一 (RE1)、急診 (EM)、呼吸照護中心 (RCC) 與加護病房 (ICU)，H2 醫院的掛號區 (RE)、內科門診 (DM)、急診 (EM)、胃鏡室 (ER) 與普通病房 (GS)，H3 醫院的掛號區 (RE)、手術房 (OR) 與加護病房 (ICU)，而 H2 醫院的室外真菌濃度也顯示與溫度具有相關性。然而室內真菌濃度與相對溼度具相關性的場所只有 H1 醫院的大廳 (HA) 與急診 (EM)、H2 醫院的普通病房 (GS) 及 H3 醫院的急診 (EM) 等四個，顯示出溫度的控制對多數室內場所的真菌濃度影響較大。但根據 Chao et al. (2002) 與于 (2007) 的研究，其真菌濃度係與相對溼度具顯著相關，與室溫無關，恰與本研究多數場所的分析結果相反，而 Wu et al. (2007) 於台北的研究則顯示室外真菌濃度和溫濕度皆呈正相關，但本研究的室外真菌濃度僅與溫度有關，與 Wu et al. (2007) 的分析結果有所差異。

而細菌濃度方面的分析結果與真菌相似，有 44% 室內監測點的細菌濃度與溫度具有顯著相關 ($p < 0.05$)，僅有一個室內監測點的細菌濃度與濕度有關，前者包含 H1 醫院的大廳 (HA)、急診 (EM) 及美食街 (FD)，H2 醫院的掛號區 (RE)、急診 (EM)、普通病房 (GS)、內科 (DM) 與外科門診 (DS)，H3 醫院的掛號區 (RE)、急診 (EM)、兒科 (CC) 和健兒門診 (HE)，後者為 H2 醫院的普通病房 (GS)，另外 H2 醫院的室外細菌濃度也顯示與溫度具有相關性。此分析結果與于 (2007) 於台灣醫院的研究大致上相同，室內細菌濃度與溫度有顯著相關，與相對濕度則否，但 Hwang et al. (2010) 於韓國地下鐵監測的結果顯示，細菌濃度與溫濕度並無顯著相關，推論兩類分析結果的差異在於採樣場所的不同，醫院相對於車站起來空間較為封閉且狹小，因此單一環境變因的影響程度較為顯著。

表 4-17 H1 醫院各監測場所的溫度與相對濕度

Location	Temperature (°C)				Relative humidity (%)			
	Ave	Min	Max	SD	Ave	Min	Max	SD
OUT	23.4	16.3	32.2	4.8	74.5	56.2	91.1	11.3
HA	22.0	17.7	24.8	2.3	71.6	61.0	82.6	5.8
RE1	21.4	19.6	22.7	1.0	68.5	61.7	74.5	3.5
RE2	20.7	19.3	21.7	0.6	70.0	59.0	75.4	4.9
EM	21.0	18.8	23.1	1.3	67.8	63.6	75.6	3.7
OR	19.7	16.6	21.9	1.9	22.0	19.0	23.9	1.5
RCC	22.0	19.0	23.9	1.5	64.2	57.8	72.4	4.6
GS	22.7	21.0	25.3	1.5	65.7	60.2	81.8	5.6
FD	22.1	18.9	24.2	1.8	66.4	63.0	71.2	2.5
ICU	21.6	19.2	23.5	1.7	69.5	64.0	74.8	2.6

表 4-18 H2 醫院各監測場所的溫度與相對濕度

Location	Temperature (°C)				Relative humidity (%)			
	Ave	Min	Max	SD	Ave	Min	Max	SD
OUT	23.8	13.8	32.8	6.6	75.5	58.2	89.9	8.8
S1	23.5	19.3	27.5	2.7	70.8	63.3	83.1	5.9
RE	21.6	19.1	24.2	1.4	64.5	57.1	72.3	4.1
ER	21.5	20.0	22.7	0.9	63.5	54.5	76.3	6.8
EM	21.7	17.8	24.5	2.3	66.5	59.3	75.3	4.9
OR	21.0	16.4	24.1	2.4	63.0	49.6	72.8	8.1
DM	21.7	19.2	24.5	1.5	61.1	57.6	65.6	2.3
DS	21.4	20.2	22.9	0.8	64.5	59.5	68.9	2.9
GS	22.9	19.6	24.7	1.4	66.1	55.8	75.3	5.7
ICU	22.5	21.1	23.7	0.9	56.8	47.0	68.3	7.7
SOUT	24.0	17.6	31.8	5.6	70.2	53.8	84.7	7.5

表 4-19 H3 醫院各監測場所的溫度與相對濕度

Location	Temperature (°C)				Relative humidity (%)			
	Ave	Min	Max	SD	Ave	Min	Max	SD
OUT	21.9	14.8	36.2	5.6	76.7	53.2	89.4	11.1
CC	22.9	19.7	26.7	2.3	64.6	54.4	74.3	5.3
RE	22.9	20.2	24.6	1.4	62.6	22.9	81.8	12.4
HE	22.7	20.4	25.9	1.4	59.0	26.8	68.5	9.6
EM	22.2	18.9	24.7	1.7	64.3	49.9	74.1	6.9
OR	20.3	18.6	23.3	1.3	60.7	52.5	67.1	4.9
BR	24.2	22.2	26.1	0.9	57.8	26.9	71.7	10.5
DR	21.6	19.3	23.0	1.1	54.1	47.9	60.5	3.2
GC	23.0	20.8	25.7	1.5	59.0	54.3	66.0	3.3
ICU	23.8	21.2	25.8	1.5	59.4	47.5	65.5	6.1

4.2.5 室外空氣

現代的大型醫療院所皆為設有空調通風設施之大樓，而空調設備會藉由引進外氣來保持室內空氣的新鮮，此外可開關的門窗也是保持室內外空氣流通的管道之一，因此在室內外空氣交流的同時，除了可稀釋已存於室內的空

氣污染物外，也帶來了新的污染，故本研究利用 Spearman correlation coefficient 分析醫院室內外微生物濃度之相關性，其詳細數據列於附錄J中。

於一般未受徽害的建築物中，室內真菌的最大污染源通常來自於室外 (Lee et al., 2006)，而本研究監測地點經統計分析後，室內外真菌濃度具顯著相關 ($p < 0.05$) 的地點僅有四個，為 H1 醫院的大廳 (HA) 及 H2 醫院的南棟一樓 (S1)、掛號區 (RE) 與急診 (EM)，皆位於一樓且設有聯外大門，故可能因此增加室外空氣影響的機會。

由於一般室內真菌濃度應較室外為低，因此使用 I/O ratio 作為指標數值，判斷室內場所是否有額外的真菌污染源，根據表 4-20 至 4-22 的 I/O ratio 統計數值，大致上三所醫院監測場所的 I/O ratio 皆在 1 以下，唯有 H2 醫院的南棟一樓平均值達 1.07，推斷可能原因為此監測點在所有監測場所中最為開放，前後各有一個自動門連向室外，故室內真菌濃度深受室外影響而累積，由此監測點的平均二氧化碳濃度幾乎等同於室外可做印證 (如表 4-15)。

多數文獻針對室外空氣中微生物對於室內的影響，皆是以真菌為主，但本研究利用 Spearman correlation coefficient 分析後，發現約有 30% 的室內監測場所其細菌濃度與室外具有相關性，包含 H2 醫院的南棟一樓 (S1)、掛號區 (RE)、急診 (EM) 與內科候診區 (DM)，H3 醫院的兒科 (CC)、健兒門診 (HE)、急診 (EM) 與加護病房 (ICU)，與前述真菌方面一樣，這些監測場所多數位於一樓，因此細菌濃度受室外空氣影響的機率較高，至於少數非位於一樓但也受影響的監測場所，如內科候診區與加護病房，可能是藉由空調系統所導致。但因為室內細菌主要污染源來自於生物體，故室內細菌濃度經常高於室外，平均 I/O ratio 超過 1 的室內監測場所約佔 52%。

另外由於 H2 醫院的南棟大樓出口旁設有一小型污水處理場，因此室外監測點除了設立於正門外 (OUT)，也加設於南棟大樓出口 (SOUT)，並以 Wilcoxon signed rank test 分析 (列於表 4-23)，其結果顯示：兩監測點在真菌

濃度方面並無顯著差異 ($p>0.05$), 而南棟出口處的細菌濃度則顯著大於正門口處 ($p<0.05$), 顯示出汗水處理場的存在確實會增加周遭空氣中細菌濃度。

表 4-20 H1 醫院各監測場所 I/O ratio

Location	Fungi				Bact			
	Ave	Min	Max	SD	Ave	Min	Max	SD
HA	0.78	0.23	2.36	0.60	1.81	0.65	5.68	1.28
RE1	0.39	0.03	1.07	0.32	1.69	0.07	5.23	1.34
RE2	0.18	0.01	0.80	0.25	0.86	0.02	3.18	0.87
EM	0.18	0.02	0.49	0.15	0.65	0.12	1.40	0.38
OR	0.02	0.00	0.11	0.03	0.06	0.00	0.13	0.04
RCC	0.07	0.01	0.27	0.07	0.18	0.00	0.57	0.17
GS	0.49	0.05	2.47	0.62	1.29	0.10	7.50	2.20
FD	0.42	0.07	1.58	0.42	1.11	0.27	2.44	0.70
ICU	0.43	0.04	3.45	0.86	0.33	0.01	1.34	0.39

表 4-21 H2 醫院各監測場所 I/O ratio

Location	Fungi				Bact			
	Ave	Min	Max	SD	Ave	Min	Max	SD
S1	1.07	0.31	1.88	0.53	2.76	0.39	10.68	2.52
RE	0.33	0.05	0.61	0.15	2.23	0.56	6.28	1.63
ER	0.29	0.06	1.75	0.55	0.22	0.05	0.38	0.11
EM	0.42	0.02	1.30	0.39	1.86	0.39	4.76	1.31
OR	0.03	0.00	0.19	0.05	0.14	0.00	0.53	0.16
DM	0.40	0.02	1.63	0.55	1.46	0.02	4.03	1.31
DS	0.79	0.06	5.17	1.29	2.15	0.24	7.71	2.07
GS	0.62	0.07	3.52	0.83	1.51	0.27	4.32	1.35
ICU	0.06	0.00	0.24	0.07	0.48	0.00	2.50	0.62

表 4-22 H3 醫院各監測場所 I/O ratio

Location	Fungi				Bact			
	Ave	Min	Max	SD	Ave	Min	Max	SD
CC	0.29	0.06	0.69	0.22	2.00	0.18	4.74	1.29
RE	0.11	0.01	0.35	0.11	0.51	0.00	2.16	0.49
HE	0.35	0.07	1.18	0.28	1.28	0.09	3.95	1.28
EM	0.63	0.17	1.66	0.46	1.26	0.33	2.29	0.55
OR	0.47	0.00	5.53	1.52	0.14	0.01	0.40	0.13
BR	0.14	0.02	0.43	0.13	0.61	0.06	1.49	0.44
DR	0.05	0.00	0.23	0.07	0.12	0.00	0.46	0.12
GC	0.21	0.04	0.57	0.14	1.24	0.04	3.53	0.89
ICU	0.54	0.02	4.26	1.15	0.24	0.06	0.77	0.22

表 4-23 Wilcoxon signed rank test 分析 H2 醫院室外微生物濃度

		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
OUT - SOUT Fungi	Negative ranks	6	6.83	41.00	-0.157	0.875
	Positive ranks	6	6.17	37.00		
	Ties	0				
	Total	12				
OUT - SOUT Bacteria	Negative ranks	6	7.00	42.00	-3.086	0.002
	Positive ranks	18	14.33	258.00		
	Ties	0				
	Total	24				
	Total	6				

4.2.6 時段

採用 Wilcoxon signed rank test 分析微生物濃度於相同採樣地點，在早 (9:00-12:00)、午 (13:00-17:00)、晚 (18:00-21:00) 不同時段，是否有顯著的濃度差異，其中 H1 醫院的美食街 (FD) 係於午餐時段 (12:00-13:00) 及晚餐時段 (17:00-18:00) 進行監測，而詳細結果列於附錄 K 中。

根據分析結果，真菌濃度於時段上具有顯著差異 ($p < 0.05$) 的室內場所所有七個，分別是 H1 醫院的掛號一 (RE1)、急診 (EM) 及普通病房 (GS)，

H2 醫院的掛號區 (RE)，H3 醫院的兒科 (CC)、掛號區 (RE) 和普通門診 (GC)，這些場所的真菌濃度雖有時段上的顯著差異，卻無統一規律，端看各場所特性而定。

然而於細菌濃度方面，於時段上具有顯著差異 ($p<0.05$) 的室內監測場所約占 52%，且這些場所一律為早上、下午或午餐時段的細菌濃度高於晚間或晚餐，包含 H1 醫院的大廳 (HA)、掛號一 (RE1)、美食街 (FD) 和加護病房 (ICU)，H2 醫院的南棟一樓 (S1)、掛號區 (RE)、急診 (EM)、內外科候診區 (DM、DS)，H3 醫院的掛號區 (RE)、急診 (EM)、健兒門診 (HE) 與產房 (DR)，除了 H3 醫院的普通門診 (GC)，其為晚上時段的細菌濃度顯著高於下午。造成細菌濃度於時段上具顯著差異的可能原因為：三所醫院的多數場所，僅有白天門診，因此晚間時就診人數驟減，導致公共場所或候診區人數下降，減少了細菌的污染來源，另外 H3 醫院的室外細菌濃度也是晚上時段顯著低於早上或下午 ($p<0.05$)。



第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究主要成果為分析目前台灣大型醫療院所 IAQ 微生物污染情況，同時確立醫院各類型部門的環境影響因子，提供日後進行 IAQ 改善之依據。

1. 醫院空氣中真菌濃度

除了 H2 醫院南棟一樓與外科候診區的真菌濃度曾超出我國環保署標準 1000 CFU/m³ 外，其他室內監測場所的真菌濃度均符合標準，而南棟一樓也為所有監測點中，平均真菌濃度最高之場所，達 375 CFU/m³。另外醫院工程的進行，確實會顯著提高室內真菌濃度，需特別注意。

2. 醫院空氣中細菌濃度

有 59% 室內監測場所的細菌濃度曾超出環保署標準 500 CFU/m³，尤其各醫院的掛號區、候診區以及公眾場所（如美食街）等地點更需特別注意，例如 H3 醫院的兒科門診平均細菌濃度便達 600 CFU/m³，有 50% 的監測值曾超出標準，為所有監測場所之冠。另一方面，若醫院房間 IAQ 管理標準係依照 ASHRAE 所訂定，除了前述場所，三所醫院的加護病房也尚待改善（超出 200 CFU/m³）。

3. 月份

真菌濃度普遍於六月或八月份的夏季顯著較高，濃度較低的月份則不一定；而細菌濃度則於十二月或二月的冬季顯著較低，六成監測場所顯著於六月或八月夏季時節較高，三成於十月份秋季。

4. 醫院室內人口數量

96% 的室內監測場所其真菌濃度與現場活動人數無關，細菌部分則有 41% 的監測地點與其有關，且多數為活動人數較多之場所。

5. 室內二氧化碳濃度

真菌濃度與 CO₂ 濃度具顯著相關的場所約佔 30%，其中 H1 醫院的手術房及 H2 醫院的急診、南棟一樓係呈現負相關關係，可能原因為當空調或門窗通道引進新鮮空氣降低 CO₂ 的同時，也帶來了室外真菌污染；而其餘五個場所則呈現正相關的原因，經分析後可能為空調通風不良，CO₂ 累積的同時環境溫度也隨之上升，更適宜真菌生長。另一方面約有 37% 室內場所的細菌濃度與 CO₂ 具顯著相關，可能係起因於當現場活動人口帶來細菌污染源之時，CO₂ 濃度隨之累積。

6. 溫度及相對濕度

本研究約有 44% 室內監測場所的真菌濃度與室溫具有顯著相關，另外約 15% 的監測場所與相對溼度有顯著相關。而細菌部分約有 44% 的室內場所以及 H2 醫院的室外監測點與溫度具有相關性，然而僅有一個室內監測點與相對濕度有關。

7. 室外空氣的影響

雖然僅有 15% 室內監測場所的真菌濃度與室外空氣具顯著相關，包含 H1 醫院的大廳、H2 醫院的南棟一樓、掛號區與急診，但這些場所都具有對外的大門通道，尤其 H2 醫院的南棟一樓其 I/O ratio 平均值超過 1，表示其受室外空氣污染情況較為嚴重。而細菌方面約有 30% 的監測場所與室外空氣具有顯著相關，且這些場所多位於一樓，另外約有 52% 監測地點的細菌濃度平均 I/O ratio 大於 1，顯示多數場所的細菌污染源來自室內。另一方面，H2 醫院南棟大門外的小型污水處理場，經分析後確實顯著增加周遭空氣中細菌濃度。

8. 時段的影響

有 26% 的室內場所其真菌濃度有時段上的顯著差異，但各場所的變化無統一規律；H3 醫院的室外及 52% 的室內監測點其細菌濃度有時段上的顯著差別，大都於晚間較低。

9. 各監測場所的影響因子

由於各場所的環境影響因子依其房間類型而不同，故整理成下表 5-1，分別將真菌與細菌之環境影響因子納入。

5.2 建議

1. 由於本研究為廣泛性的監測台灣大型醫療院所，選擇的監測地點繁多，可取得較為全面的監測數據，但也因此造成取樣一輪的時間拉長，故建議集中選擇少數較具代表性的場所，例如容易受到污染的掛號區或候診區，進行長期的連續監測，以取得更精準的實驗數據。
2. 由於中央空調系統的設定會影響醫院的環境因子，因此可研究觀察當空調設定改變時的 IAQ 變化，期找出最佳操作點。
3. 當醫院的環境都控制在維持 IAQ 的最佳操作狀況下，若 IAQ 尚無法顯著改善，需考慮加設污染控制設備，以維持醫院 IAQ 品質。
4. 分析微生物濃度的同時，可同時進行微生物的菌種分析，藉由不同場所的微生物種類，更準確的確認微生物與環境因子的相關性。

表 5-1 各監測場真菌與細菌濃度之環境影響因子整理

	月份	人數	二氧化碳	溫度	濕度	室外空氣	時段
H1	大門外	● ^a ▲ ^b	- ^c			-	
	大廳	●▲	▲	▲	●	●	▲
	掛號區(一)	●▲	▲	●▲	●		●▲
	掛號區(二)	●	▲	▲			
	急診	●▲		●▲	●		●
	手術房	●▲		●			
	呼吸照護中心	●▲	▲	●	●		
	普通病房	●▲	▲	▲			●
	美食街	●▲			▲		▲
	加護病房	●			●		▲
H2	大門外	●▲	-	●▲		-	
	南棟一樓	●▲		●		●▲	▲
	掛號區	●▲	▲	●▲	●▲	●▲	●▲
	胃鏡室				●		
	急診	●▲		●	●▲	●▲	▲
	手術房	●▲					
	內科候診區	▲	▲	●▲	●▲		▲
	外科候診區	●▲			▲		▲
	普通病房	▲			●▲	●▲	
	加護病房	●▲		▲			
H3	南棟大門外	●▲	-	-		-	
	大門外	●▲	-			-	▲
	兒科門診候診區	▲	▲	▲	▲		●
	掛號區		●▲	●▲	●▲		●▲
	健兒門診候診區	●▲	▲	▲	▲		▲
	急診	●▲	▲		▲	●	▲
	手術房	●▲			●		
	嬰兒房						
	產房			-			▲
	普通門診			▲			●▲
加護病房	●▲			●		▲	

a. 「●」表示與真菌具有顯著相關 ($p < 0.05$)

b. 「▲」表示與細菌具有顯著相關 ($p < 0.05$)

c. 「-」表示數據不足無法分析

第六章 參考文獻

于台珊 (2007) 醫療院所中央空調系統生物氣膠濃度特性調查研究，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所。

行政院衛生署疾病管制局 (2005) 95 年院內感染監視通報系統中文年報。
<http://www.cdc.gov.tw/public/Attachment/7121715371571.pdf>

行政院環保署 (2005) 室內空氣品質建議值
<http://atftp.epa.gov.tw/announce/094/F0/18789/094F018789.htm>

行政院環保署 (2008) 室內空氣品質管理法草案
<http://www.ey.gov.tw/public/Attachment/810161404171.pdf>

行政院環保署環境檢驗所 (2008^a) 室內空氣中總細菌濃度檢測方法，NIEA E301.11C。

行政院環保署環境檢驗所 (2008^b) 室內空氣中總真菌濃度檢測方法，NIEA E401.11C。

行政院勞工委員會 (2007) 職場室內空氣污染預防與管理，行政院勞工委員會。

香港特別行政區政府 (GovHK) (2003) 辦公室及公眾場所室內空氣質素檢定計畫指南，香港室內空氣質素管理小組。

黃麗玲，毛義方，陳美蓮，黃建財 (2006) 某教學醫院室內空氣之微生物，台灣衛誌，第 25 卷第 4 期，315-322 頁。

榮泰生 (2009) SPSS 與研究方法 (二版)，台北，五南圖書出版公司，263-264 頁。

潘致弘，張靜文 (2009) 醫療院所細菌與真菌對員工健康影響評估研究，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所。

- 賴全裕，林嘉筠，黃盛修，張振平 (2007) 多孔衝擊器負載效能評估，勞工安全衛生研究季刊，第 15 卷第 2 期，130-137 頁。
- Andersen, A.A. (1958) New sampler for the collection, sizing, and enumeration of viable airborne particles. *Journal of Bacteriology*, Vol. 76, 471-484.
- ASHRAE. (2007) 2007 ASHRAE Handbook: Heating, ventilating, and air-conditioning applications. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, USA.
- Britigan, N., Alshawa, A., and Nizkorodov S.A. (2006) Quantification of ozone levels in indoor environments generated by ionization and ozonolysis air purifiers. *Journal of the Air & Waste Management Association*, Vol. 56, 601-610.
- Buttner, M.P. and Stetzenbach, L.D. (1993) Monitoring airborne fungal spores in an experimental indoor environment to evaluate sampling methods and the effects of human activity on air sampling. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 59, No. 1, 219-226.
- Chao, H.J., Schwartz, J., Milton, D.K. and Burge, H.A. (2002) Populations and determinants of airborne fungi in large office buildings. *Environmental Health Perspectives*, Vol. 110, No. 8, 777-782.
- Douwes, J., Thorne, P., Pearce, N. and Heederik, D. (2003) Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects. *Annals of Occupational Hygiene*, Vol. 47, No. 3, 187-200.
- Eduard, W., Heederik, D. (1998) Methods for quantitative assessment of airborne levels of noninfectious microorganisms in highly contaminated work environments. *American Industrial Hygiene Association Journal*, Vol. 59, 113-127.

- Folmsbee, M., Strevett, K., Stafford, K. and Evenson, C. (2000) The effect of sampling time on the total efficiency of the Andersen microbial sampler: a field study. *Journal of Aerosol Science*, Vol. 31, No. 2, 263-271.
- Hwang, S.H., Yoon, C.S., Ryu, K.N., Paik, S.Y. and Cho, J.H. (2010) Assessment of airborne environmental bacteria and related factors in 25 underground railway stations in Seoul, Korea. *Atmospheric Environment*, Vol. 44, 1658-1662.
- Hinds, W.C. (1999) *Aerosol technology: Properties, behaviour, and measurement of airborne particles.* (2nd ed.) New York, USA: Wiley-Interscience.
- Hirst, J. (1952) An automatic volumetric spore trap. *Annals of Applied Biology*, Vol. 39, 257 – 265.
- Jensen, P.A. and Millie, P.S. (1998) Sampling and characterization of bioaerosols. *NIOSH Manual of Analytical Methods*, 85-94.
- Jensen, P.A., Todd, W.F., Davis, G.N. and Scarpino, P.V. (1992) Evaluation of eight bioaerosol samplers challenged with aerosols of free bacteria. *American Industrial Hygiene Association Journal*, Vol. 53, No. 10, 660-667.
- Jones, A.P. (1999) Indoor air quality and health. *Atmospheric Environment*, Vol. 33, 4535-4564.
- Kim, K.Y. and Kim, C.N. (2007) Airborne microbiological characteristics in public buildings of Korea. *Building and Environment*, Vol. 42, 2188-2196.
- Lee, J.H. and Jo, W.K. (2005) Exposure to airborne fungi and bacteria while commuting in passenger cars and public buses. *Atmospheric Environment*, Vol. 39, 7342-7350.

- Lee, J.H. and Jo, W.K. (2006) Characteristics of indoor and outdoor bioaerosols at Korean high-rise apartment buildings. *Environmental Research*, Vol. 101, 11-17.
- Lee, K.S., Bartlett K.H., Brauer, M., Stephens, G.M., Black, W.A. and Teschke, K. (2004) A field comparison of four samplers for enumerating fungal aerosols I. Sampling characteristics. *Indoor Air*, Vol. 14, 360-366.
- Lee, T., Grinshpun, S.A., Martuzevicius, D., Adhikari, A., Crawford, C.M. and Reponen, T. (2006) Culturability and concentration of indoor and outdoor airborne fungi in six single-family homes. *Atmospheric Environment*, Vol. 40, 2902-2910
- Li, C.S. and Hou, P.A. (2003) Bioaerosol characteristics in hospital clean rooms. *The Science of the Total Environment*, Vol. 305, 169-176.
- Lonon, M.K. (1998) Bioaerosol sampling (Indoor air). *NIOSH Manual of Analytical Methods*, 4th ed., method 0800, Issue 1.
- Martinez, K.F., Rao, C.Y. and Burton, N.C. (2004) Exposure assessment and analysis for biological agents. *Grana*, Vol. 43, 193-208.
- Maroni, M., Axelrad, R., Bacaloni, A. (1995) Nato efforts to set indoor air quality guidelines and standards. *American Industrial Hygiene Association journal*, Vol. 56, 5, 499-508.
- Marple, V.A. and Willeke, K. (1976) Impactor design. *Atmospheric Environment*, Vol. 10, 891-896.
- McGrath, J.J., Wong, W.C., Cooley, J.D. and Straus, D.C. (1999) Continually measured fungal profiles in Sick Building Syndrome. *Current Microbiology*, Vol. 38, 33-36.

- Mota, L.C., Gibbs, S.G., Green, C.F., Flores, C.M., Tarwater, P.M. and Ortiz, M. (2008) Seasonal fine and coarse culturable fungal constituents and concentrations from indoor and outdoor air samples taken from an arid environment. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, Vol. 5, 511-518.
- Noel de Nevers. (2000) *Air pollution control engineering*. McGraw-Hill
- Ortiz, G., Yagüe, G., Segovia, M., Catalán, V. (2009) A study of air microbe levels in different areas of a hospital. *Current Microbiology*, Vol. 59, 53-58.
- Pastuszka, J.S., Wyrwal, E.M. and Wlazlo, A. (2005) Bacterial aerosol in silesian hospitals: preliminary results. *Environmental Studies*, Vol. 14, No. 6, 883-890.
- Portnoy, J.M., Barnes, C.S. and Kennedy, K. (2004) Sampling for indoor fungi. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, Vol. 113, No. 2, 189-198.
- Ranz, W.E. and Wong, J.B. (1952) Jet impactors for determining the particle size distribution of aerosols. *Archives of Industrial Hygiene and Occupational Medicine*, Vol. 5, 464-477.
- Saldanha, R., Manno, M., Saleh, M., Ewaze, J.O., Scott, J.A. (2008) The influence of sampling duration on recovery of culturable fungi using the Andersen N6 and RCS bioaerosol samplers. *Indoor Air*, 1-9.
- Salonen, H., Lappalainen, S., Lindroos, O., Harju, R. and Reijula, K. (2007) Fungi and bacteria in mould-damaged and non-damaged office environments in a subarctic climate. *Atmospheric Environment*, Vol. 41, 6797-6807.

- Sawyer, C.N., McCarty, P.L. and Parkin, G.F. (2002) Chemistry for environmental engineering and science, 5th ed. McGraw-Hill.
- Shelton, B.G., Kirkland, K.H., Flanders, W.D. and Morris, G.K. (2002) Profiles of airborne fungi in buildings and outdoor environments in the United States. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 68, No. 4, 1743-1753.
- Srikanth, P., Sudharsanam, S. and Steinberg, R. (2008) Bio-aerosols in indoor environment: composition, health effects and analysis. *Medical Microbiology*, Vol. 26, No. 4, 302-12.
- Sterling, D.A. and Lewis, R.D. (1998) Pollen and fungal spores indoor and outdoor of mobile homes. *Annals of Allergy and Asthma Immunology*, Vol. 80, No. 3, 279-285.
- Stewart, S.L., Grinshpun, S.A., Willeke, K., Terzieva, S., Ulevicius, V. and Donnelly, J. (1995) Effect of impact stress on microbial recovery on an agar surface. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 61, 1232-1239.
- Su, H.J.J., Wu, P.C., Lei, H.Y. and Wang, J.Y. (2005) Domestic exposure to fungi and total serum IgE levels in asthmatic children. *Mediators of Inflammation*, Vol. 3, 167-170.
- Sundell, J. (2004) On the history of indoor air quality and health. *Indoor air*, 14, 51-58.
- Takahashi, T. (1997) Airborne fungal colony-forming units in outdoor and indoor environments in Yokohama, Japan. *Mycopathologia*, Vol. 139, 23-33.
- Thermo Electron Corporation (2003). Instruction Manual: SERIES 10-800 single stage viable sampler.

- Wanner, H.U. (1993) Sources of pollutants in indoor air. IARC Scientific Publications, Vol. 109, 19-30.
- WHO, "Guideline for Air Quality", World Health Organization, 1999.
- Whyte, W., Green, G. and Albisu, A. (2007) Collection efficiency and design of microbial air samplers. *Aerosol Science*, Vol. 38, 101-114.
- Wu, P.C., Su, H.J.J. and Ho H.M. (2000) A comparison of sampling media for environmental viable fungi collected in a hospital environment. *Environmental Research Section A*, Vol. 82, 253-257.
- Wu, Y.H., Chan, C.C., Rao, C.Y., Lee, C.T., Hsu, H.H., Chiu, Y.H. and Chao, H.J. (2007) Characteristics, determinants, and spatial variations of ambient fungal levels in the subtropical Taipei metropolis. *Atmospheric Environment*, Vol. 41, 2500-2509.
- Yao, M. and Mainelis, G. (2006) Investigation of cut-off sizes and collection efficiencies of portable microbial samplers. *Aerosol Science and Technology*, Vol. 40, 595-606.
- Zorman, T. and Jersek, B. (2008) Assessment of bioaerosol concentrations in different indoor environments. *Indoor and Built Environment*, Vol. 17, No. 2, 155-163.

附錄A 菌落數校正表

表 A-1 採樣器菌落數校正表

r ^a	P ^b	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	
1	1	41	43	81	91	121	144	161	206	201	279	241	369	281	485	321	649	
2	2	42	44	82	92	122	146	162	208	202	281	242	372	282	488	322	654	
3	3	43	45	83	93	123	147	163	208	203	283	243	374	283	492	323	659	
4	4	44	47	84	94	124	148	164	211	204	285	244	377	284	495	324	664	
5	5	45	48	85	96	125	150	165	213	205	287	245	379	285	499	325	670	
6	6	46	49	86	97	126	151	166	214	206	289	246	382	286	502	326	675	
7	7	47	50	87	98	127	153	167	216	207	292	247	384	287	506	327	680	
8	8	48	51	88	99	128	154	168	218	208	294	248	387	288	508	328	686	
9	9	49	52	89	101	129	156	169	220	209	296	249	390	289	513	329	692	
10	10	50	53	90	102	130	157	170	221	210	298	250	392	290	516	330	697	
11	11	51	55	91	103	131	159	171	223	211	300	251	395	291	520	331	703	
12	12	52	56	92	105	132	160	172	225	212	302	252	398	292	524	332	709	
13	13	53	57	93	106	133	162	173	227	213	304	253	400	293	527	333	715	
14	14	54	58	94	107	134	163	174	228	214	306	254	403	294	531	334	721	
15	15	55	59	95	108	135	165	175	230	215	308	255	406	295	535	335	727	
16	16	56	60	96	110	136	166	176	232	216	311	256	409	296	539	336	733	
17	17	57	61	97	111	137	168	177	234	217	313	257	411	297	543	337	739	
18	18	58	63	98	112	138	169	178	236	218	315	258	414	298	547	338	746	
19	19	59	64	99	114	139	171	179	237	219	317	259	417	299	551	339	752	
20	21	60	65	100	115	140	172	180	239	220	319	260	420	300	555	340	759	
21	22	61	66	101	116	141	174	181	241	221	322	261	423	301	559	341	766	
22	23	62	67	102	118	142	175	182	243	222	324	262	426	302	563	342	772	
23	24	63	69	103	119	143	177	183	245	223	326	263	429	303	567	343	779	
24	25	64	70	104	120	144	179	184	246	224	328	264	432	304	571	344	786	
25	26	65	71	105	122	145	180	185	248	225	331	265	434	305	575	345	793	
26	27	66	72	106	123	146	182	186	250	226	333	266	437	306	579	346	801	
27	28	67	73	107	125	147	183	187	252	227	335	267	440	307	584	347	808	
28	29	68	75	108	126	148	185	188	254	228	338	268	443	308	588	348	816	
29	30	69	76	109	127	149	186	189	256	229	340	269	447	309	592	349	824	
30	31	70	77	110	129	150	188	190	258	230	342	270	450	310	597	350	832	
31	32	71	78	111	130	151	190	191	260	231	345	271	453	311	601	351	840	
32	33	72	79	112	131	152	191	192	262	232	347	272	456	312	606	352	848	
33	34	73	81	113	133	153	193	193	263	233	349	273	459	313	610	353	857	
34	36	74	82	114	134	154	194	194	265	234	352	274	462	314	615	354	865	
35	37	75	83	115	136	155	196	195	267	235	354	275	465	315	620	355	874	
36	38	76	84	116	137	156	198	196	269	236	357	276	468	316	624	356	883	
37	39	77	86	117	138	157	199	197	271	237	359	277	472	317	629	357	892	
38	40	78	87	118	140	158	201	198	273	238	362	278	475	318	634	358	902	
39	41	79	88	119	141	159	203	199	275	239	364	279	478	319	639	359	911	
40	42	80	89	120	143	160	204	200	277	240	367	280	482	320	644	360	921	
																		c

a. 培養皿計算所得菌落數 (Positive hole counts, r) ;

b. 校正後的正確菌落數 (corresponding correct particle counts, P) ;

c. 指已超過培養皿菌落負載範圍 (約 2628 個粒子)。

註：適用於採樣器的開孔乾淨且暢通之情況下

資料來源：Thermo Electron Corporation (2003)

附錄B 採樣記錄表

表 B-1 採樣記錄表

採樣日期: _____ 培養日期: _____ 測數日期: _____
 採樣醫院: _____ 培養時間: _____ 測數時間: _____

編號	採樣地點	檢測時間	培養基	採樣時間	活動人數	備註	溫度	濕度	菌落數	備註
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

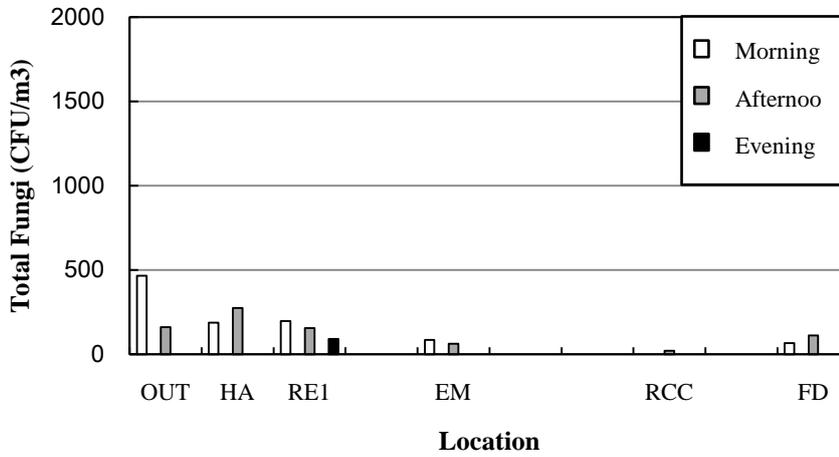
附錄C 總真菌與細菌濃度統計表

表 C-1 三所醫院各監測場所真菌與細菌濃度統計數值

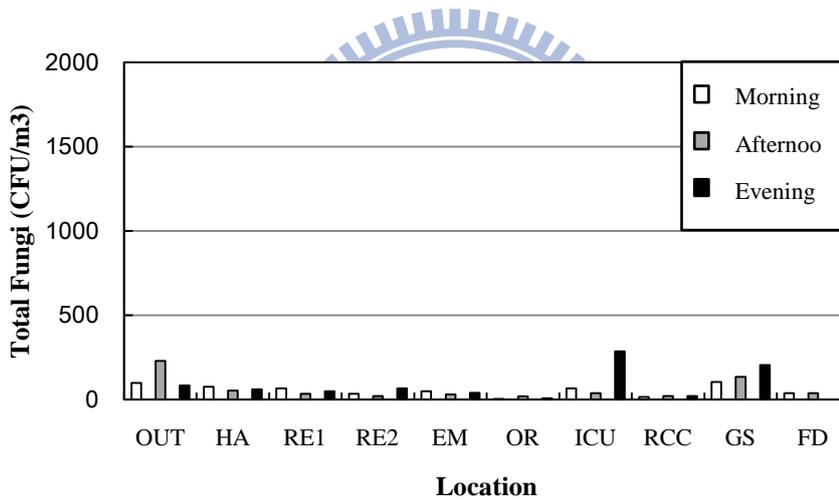
醫院	地點	真菌 (CFU/m ³)				細菌 (CFU/m ³)			
		樣本數	最小值	最大值	平均數±標準差	樣本數	最小值	最大值	平均數±標準差
H1	大門外	17	83	1781	440.1 ± 463.6	17	119	767	285.5 ± 174.9
	大廳	17	54	736	264.2 ± 231.8	17	136	794	424.5 ± 218.1
	掛號區(一)	17	15	218	98.9 ± 58.8	17	15	1419	433.2 ± 381.8
	掛號區(二)	14	6	66	33.6 ± 18.8	14	7	760	220.5 ± 224.0
	急診	17	7	204	50.6 ± 45.6	17	50	374	157.6 ± 94.8
	手術房	15	0	19	2.9 ± 5.1	15	0	49	17.2 ± 19.0
	加護病房	15	13	502	96.8 ± 131.3	15	3	581	91.9 ± 144.6
	普通病房	15	36	205	99.6 ± 51.1	15	40	1484	216.0 ± 369.0
	呼吸照護中心	13	3	27	12.8 ± 8.1	13	0	321	53.6 ± 83.6
	美食街	11	39	297	101.4 ± 74.2	17	72	806	326.7 ± 247.2
H2	大門外	18	70	1534	395.3 ± 355.1	18	57	806	213.2 ± 191.8
	南棟一樓	16	114	1136	375.0 ± 315.0	16	40	1001	377.7 ± 261.6
	掛號區	18	22	612	117.3 ± 131.4	18	97	928	358.6 ± 245.1
	胃鏡室	9	14	482	91.3 ± 149.3	9	15	61	30.8 ± 13.6
	急診	17	6	421	149.2 ± 137.6277	17	78	694	277 ± 183.2
	手術房	15	0	37	8.5 ± 11.0	15	0	61	21.1 ± 20.6
	加護病房	15	0	51	17.1 ± 18.2	15	0	257	62.7 ± 73.6
	普通病房	15	30	247	141.7 ± 66.1	15	30	765	206.9 ± 197.8
	內科候診區	18	4	670	118.9 ± 167.6	18	4	1110	299.3 ± 348.5
	外科候診區	15	25	1004	201.3 ± 245.1	15	24	880	299.3 ± 246.5
南棟大門外	12	56	912	380.2 ± 296.5	12	25	1198	311.8 ± 307.7	
H3	大門外	18	74	809	305.5 ± 206.8	18	120	660	303.1 ± 140.1
	兒科門診候診區	18	15	138	61.9 ± 30.0	18	88	1547	599.8 ± 469.2
	掛號區	18	3	82	22.3 ± 20.0	18	0	493	143.4 ± 121.4
	健兒門診候診區	16	32	139	71.6 ± 38.1	16	14	1844	436.3 ± 536.2
	急診	17	43	260	129.4 ± 64.7	17	53	835	348.6 ± 186.5
	手術房	13	0	653	57.0 ± 179.2	13	4	99	33.8 ± 27.1
	加護病房	15	3	422	75.2 ± 119.5	15	8	192	68.7 ± 61.0
	普通門診	17	16	164	48.2 ± 88.7	17	17	687	306.7 ± 187.5
	產房	15	0	21	7.3 ± 6.9	15	0	120	29.3 ± 30.7
	嬰兒房	15	4	136	31.1 ± 31.8	15	27	414	149.1 ± 110.7

附錄D 三所醫院各月份真菌濃度直條圖

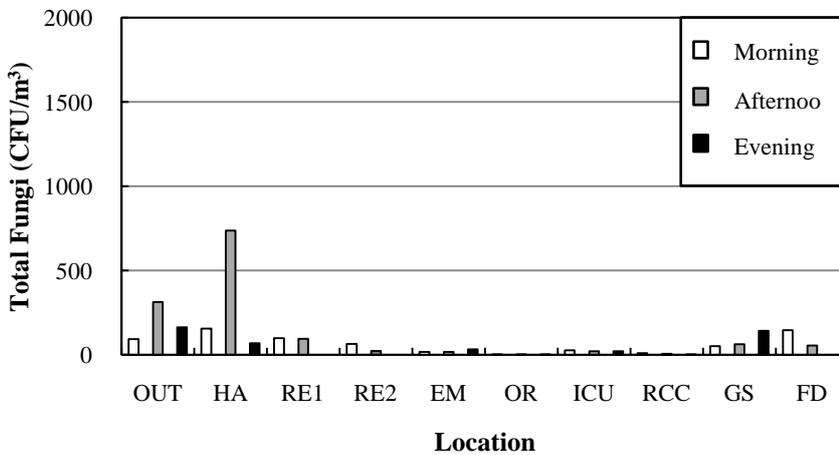
(a)



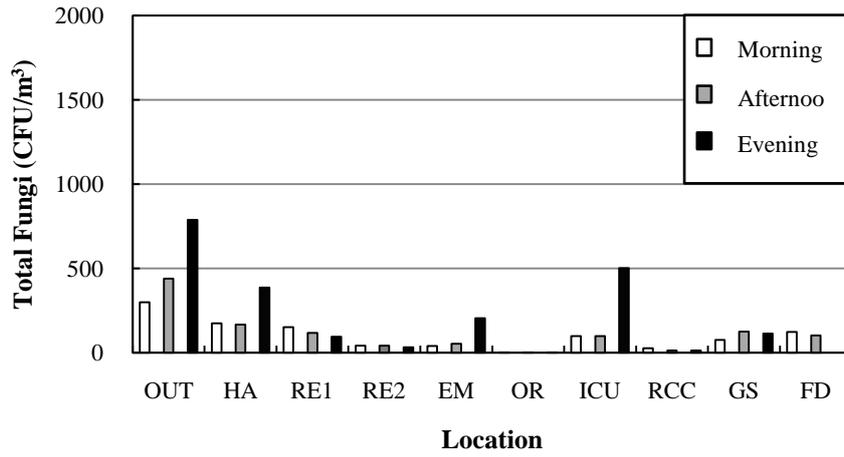
(b)



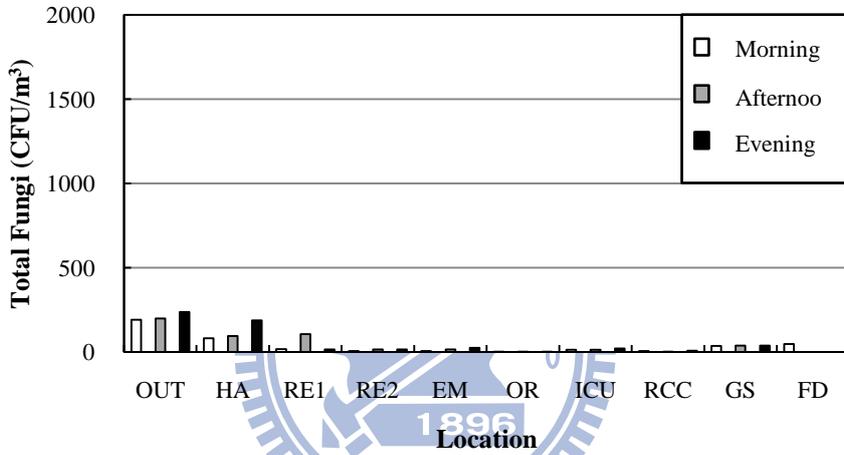
(c)



(d)



(e)



(f)

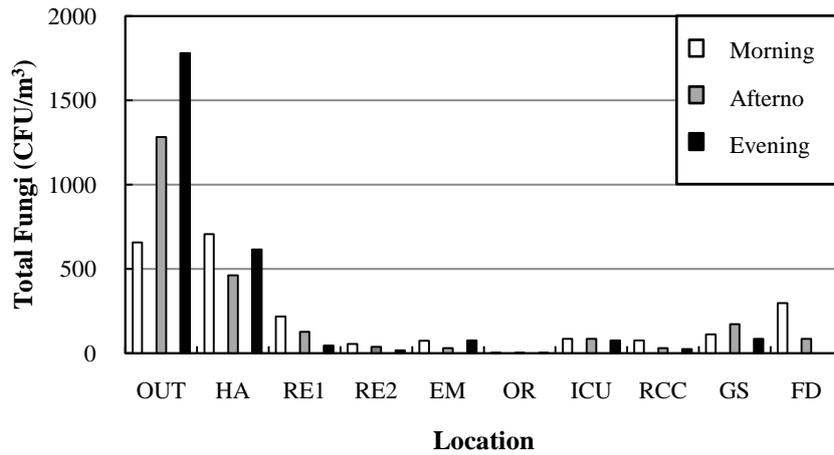
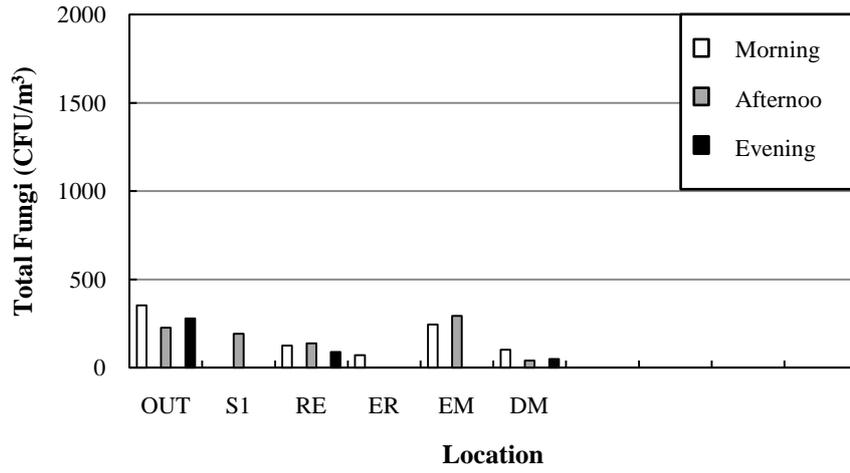


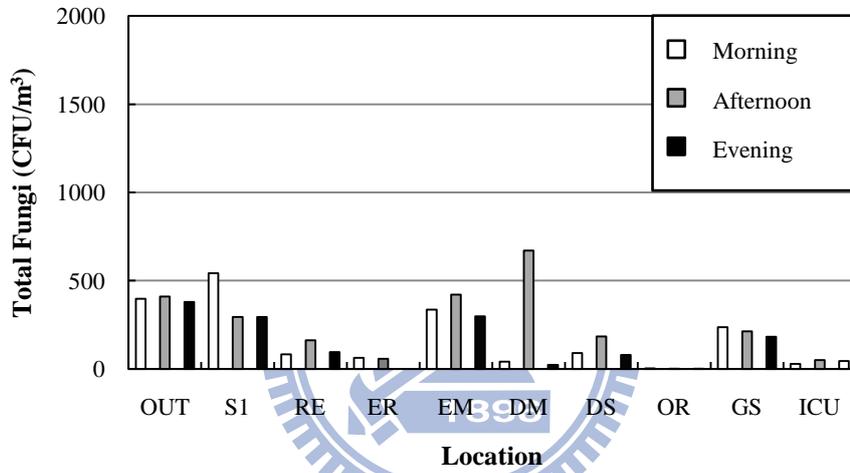
圖 D-1 H1 醫院空氣中真菌濃度

(a) 九十八年八月、(b) 十月、(c) 十二月、(d) 九十九年二月、(e) 四月、(f) 六月

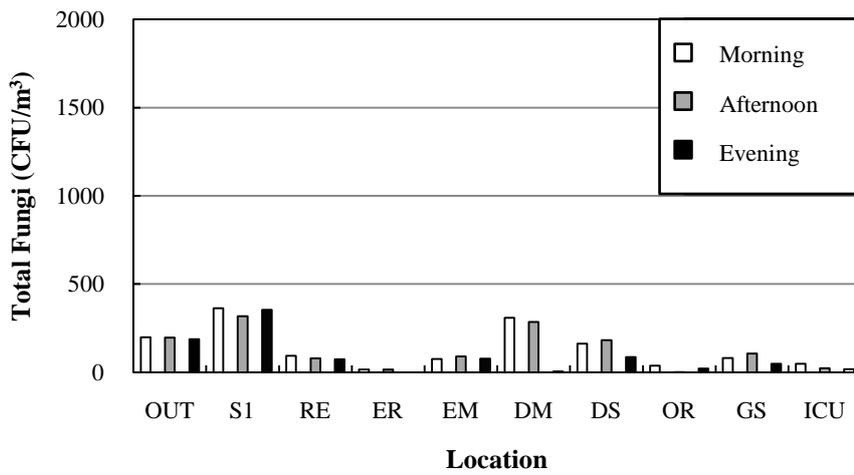
(a)



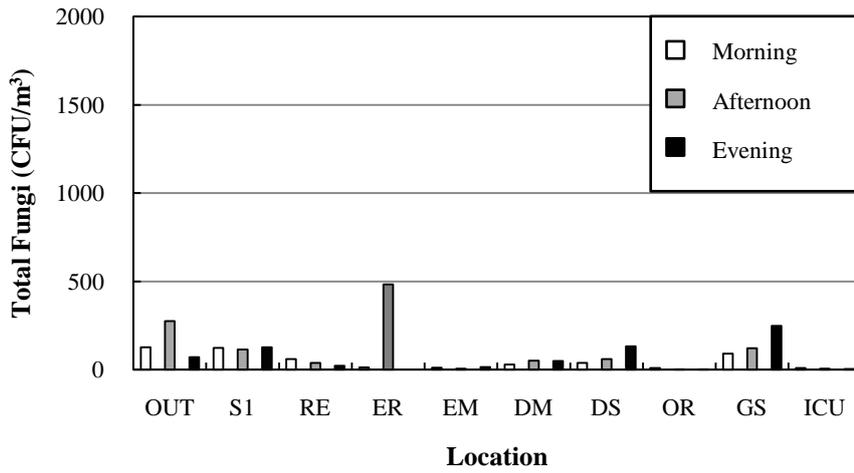
(b)



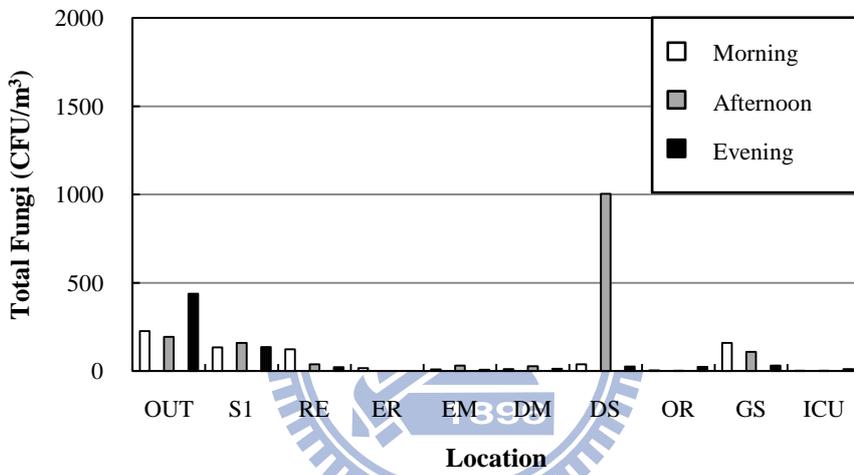
(c)



(d)



(e)



(f)

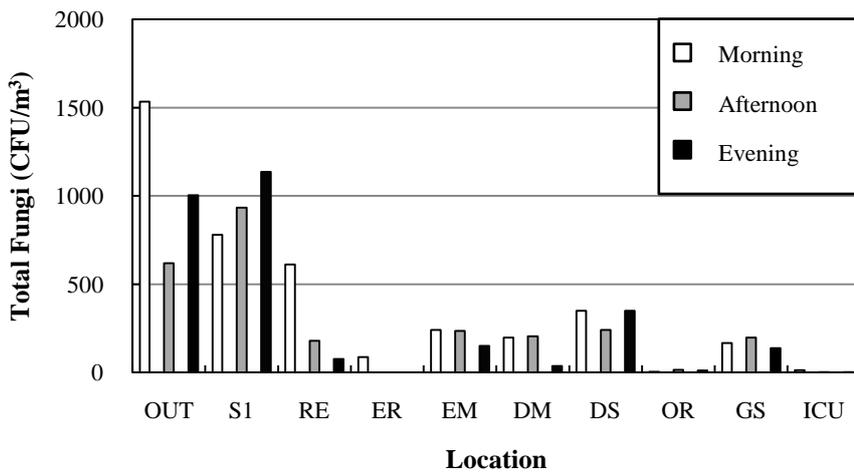
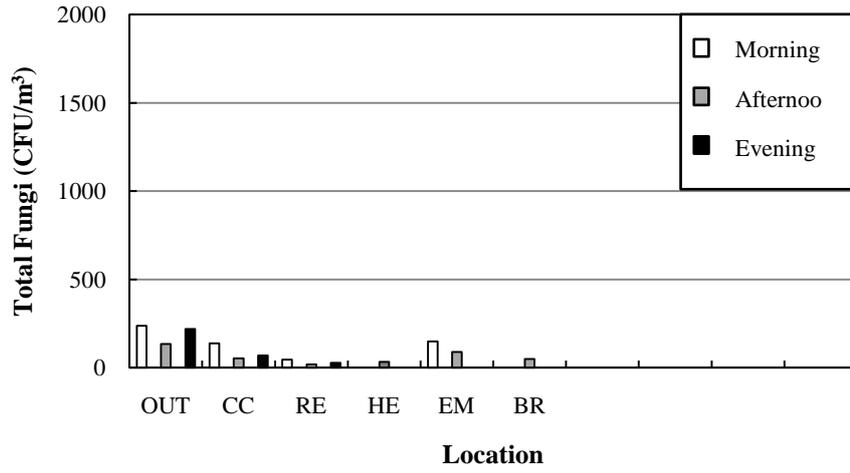


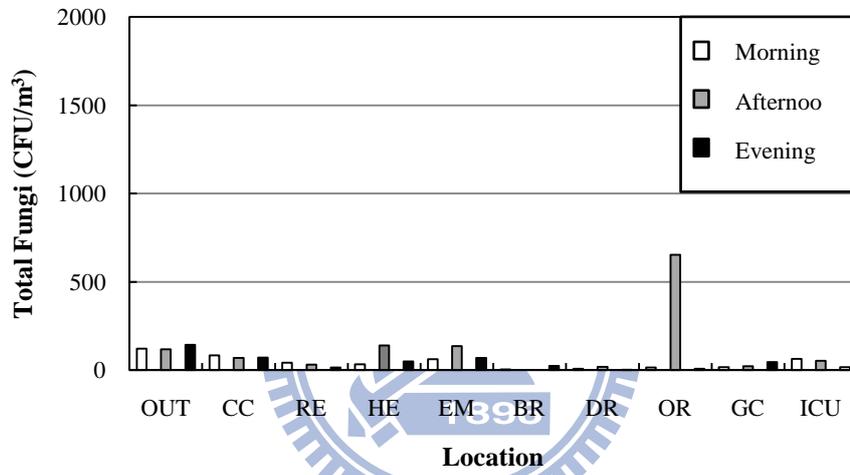
圖 D-2 H2 醫院空氣中真菌濃度

(a) 九十八年八月、(b) 十月、(c) 十二月、(d) 九十九年二月、(e) 四月、(f) 六月

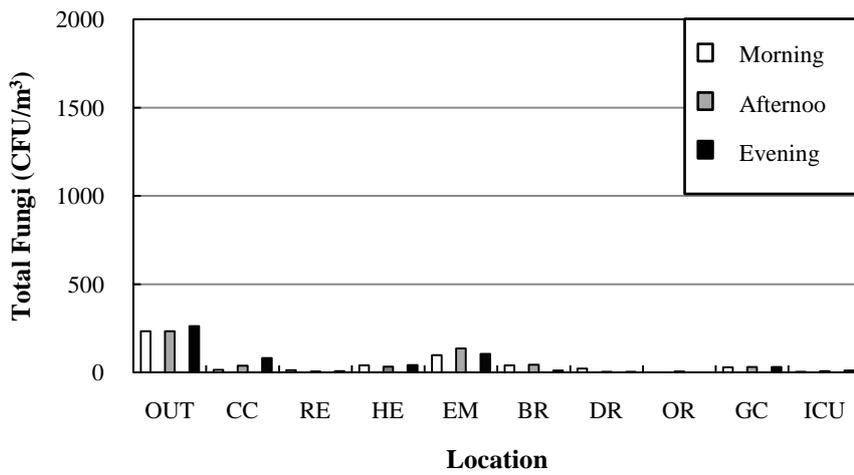
(a)



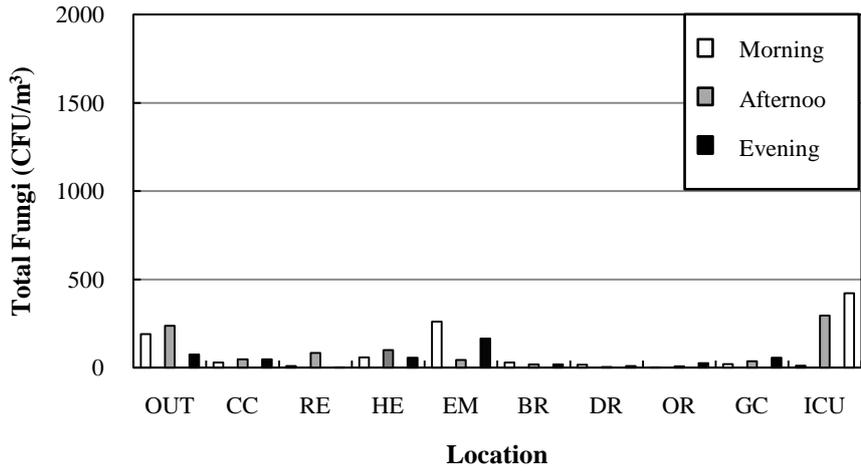
(b)



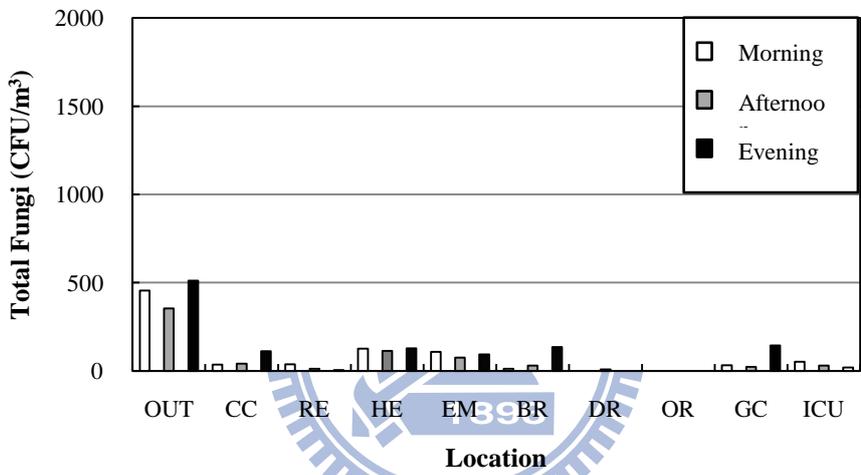
(c)



(d)



(e)



(f)

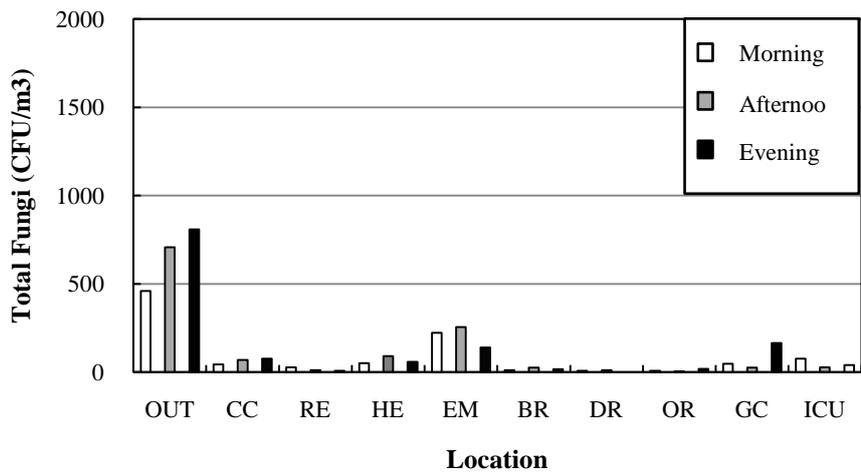
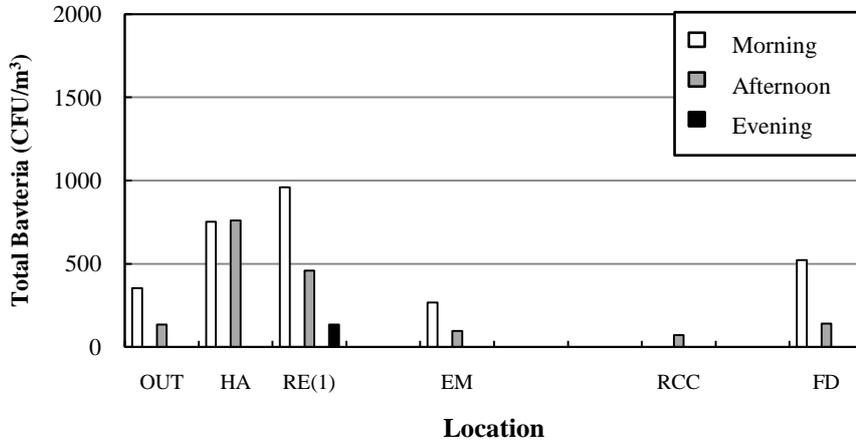


圖 D-3 H3 醫院空氣中真菌濃度

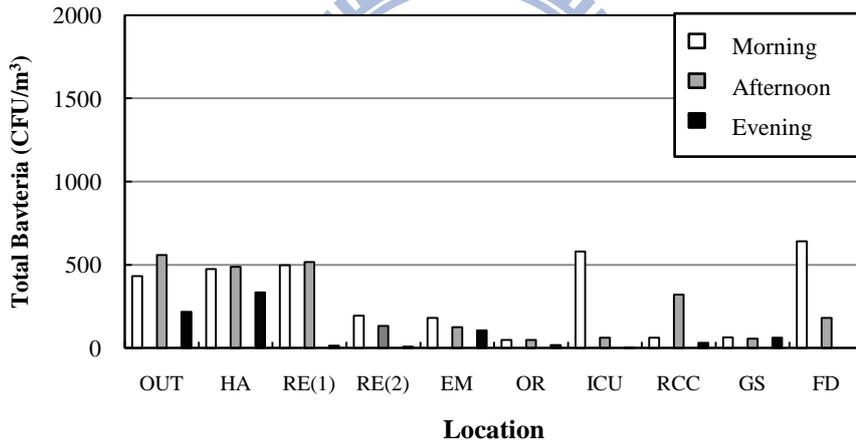
(a) 九十八年八月、(b) 十月、(c) 十二月、(d) 九十九年二月、(e) 四月、(f) 六月

附錄E 三所醫院各月份細菌濃度直條圖

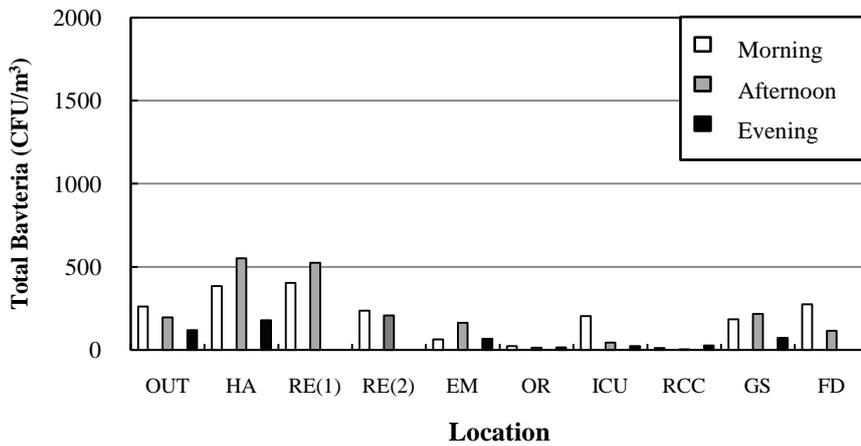
(a)



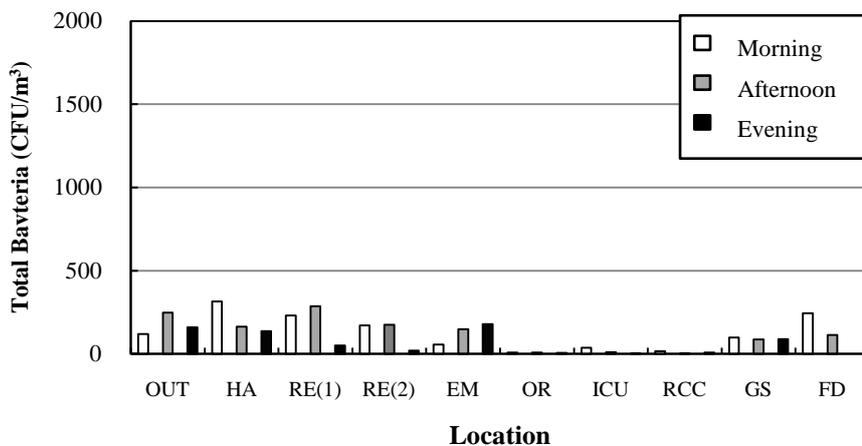
(b)



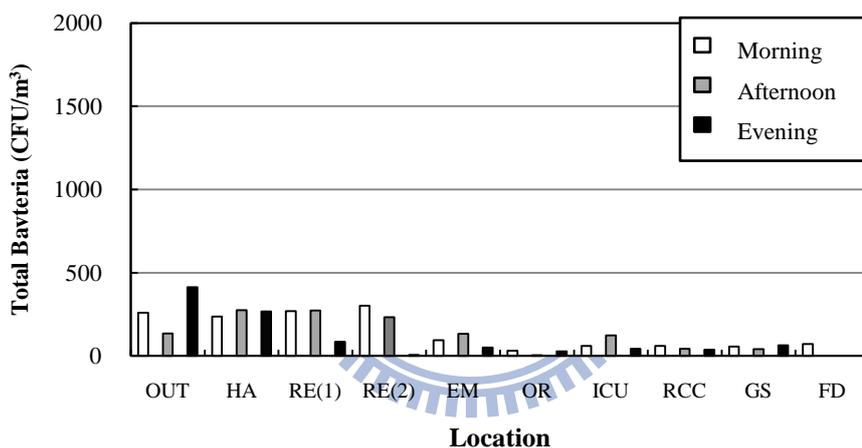
(c)



(d)



(e)



(f)

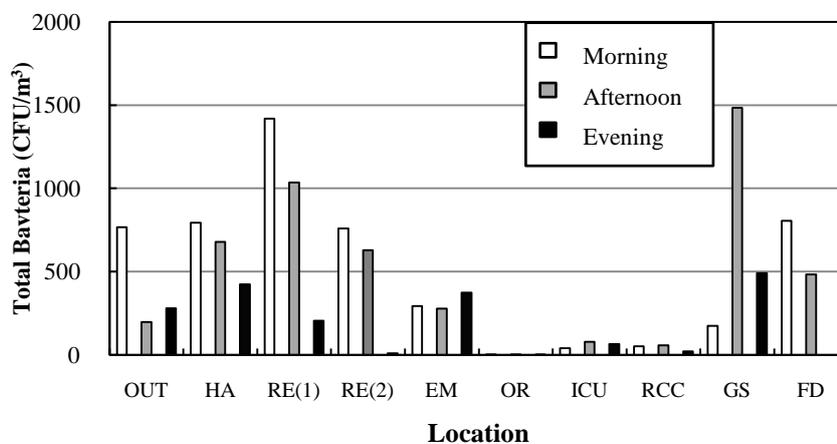
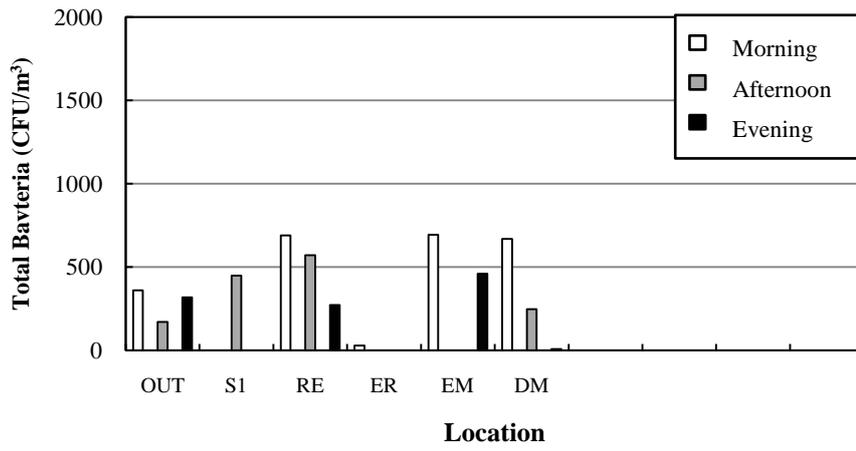


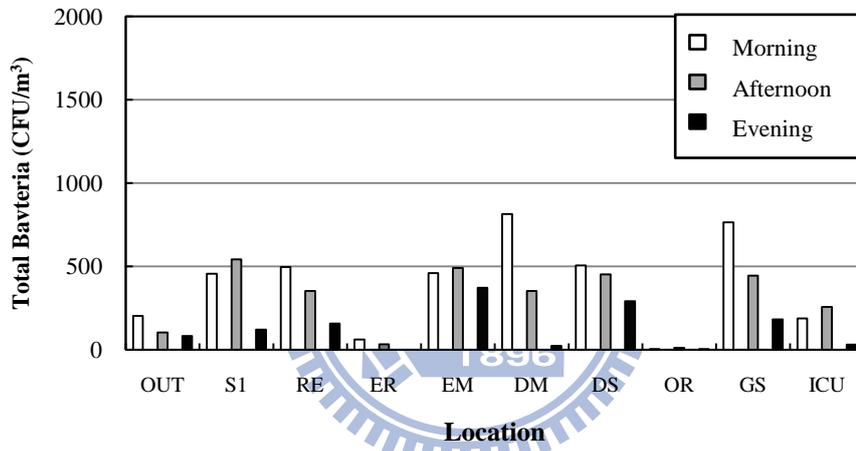
圖 E-1 H1 醫院空氣中細菌濃度

(a) 九十八年八月、(b) 十月、(c) 十二月、(d) 九十九年二月、(e) 四月、(f) 六月

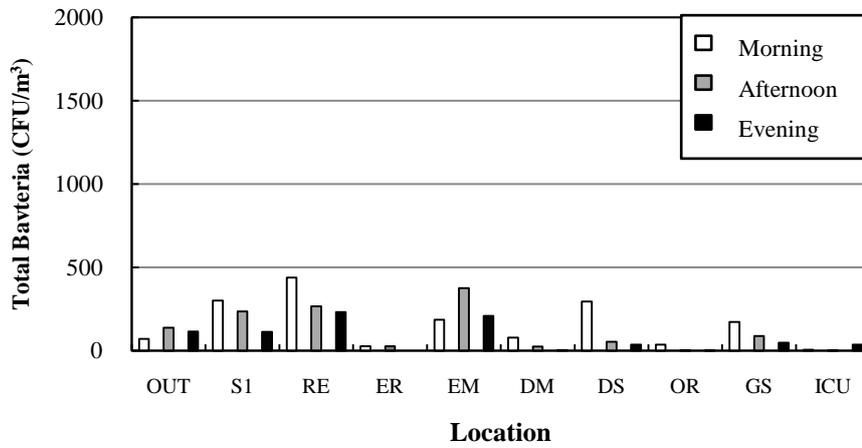
(a)



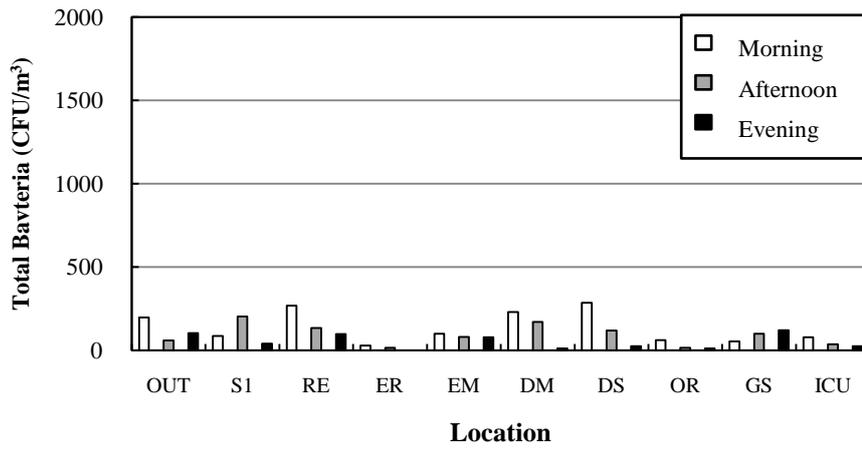
(b)



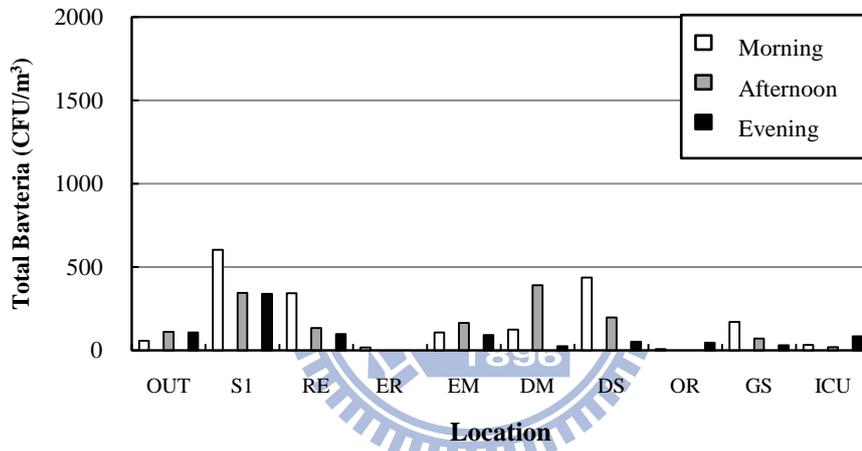
(c)



(d)



(e)



(f)

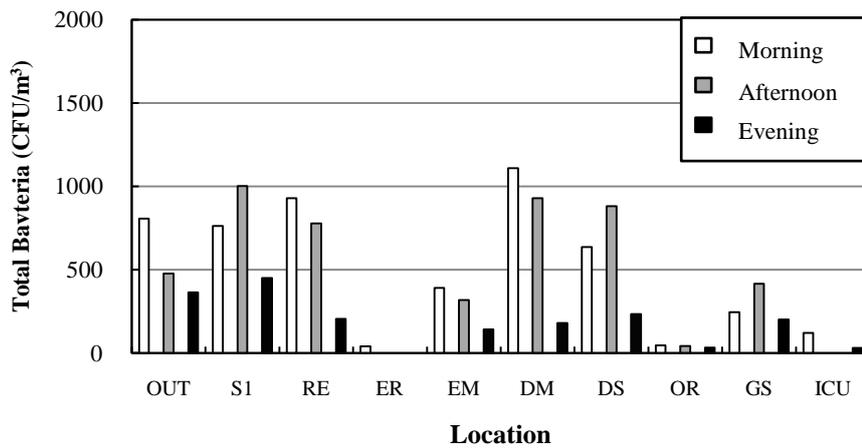
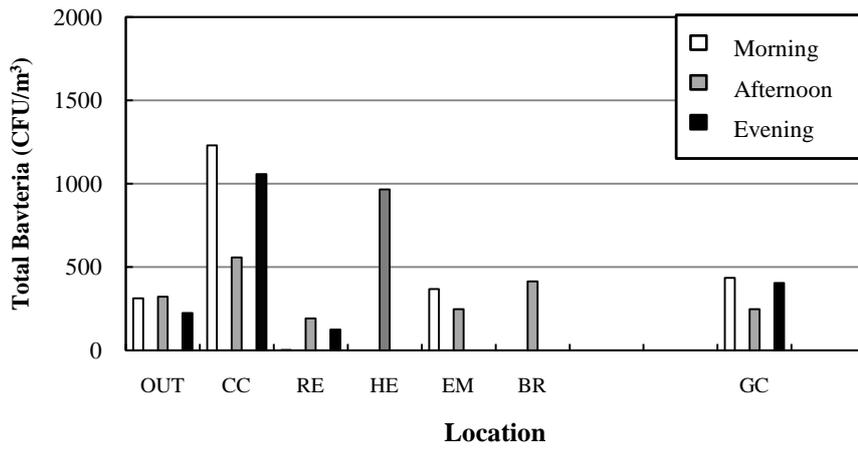


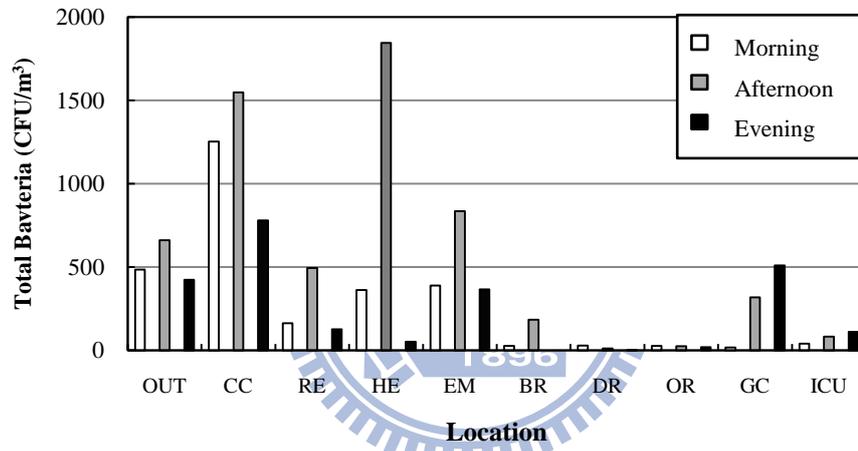
圖 E-2 H2 醫院空氣中細菌濃度

(a) 九十八年八月、(b) 十月、(c) 十二月、(d) 九十九年二月、(e) 四月、(f) 六月

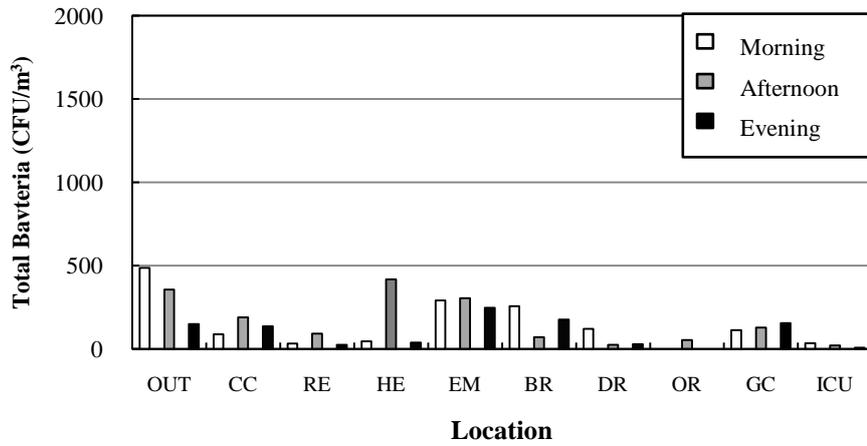
(a)



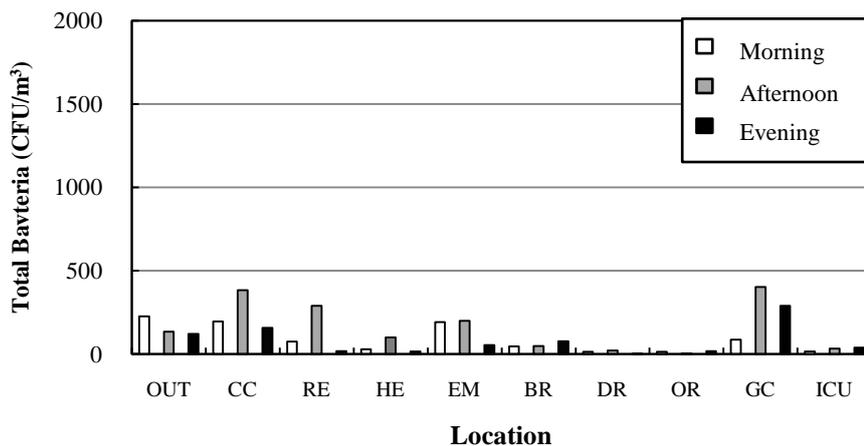
(b)



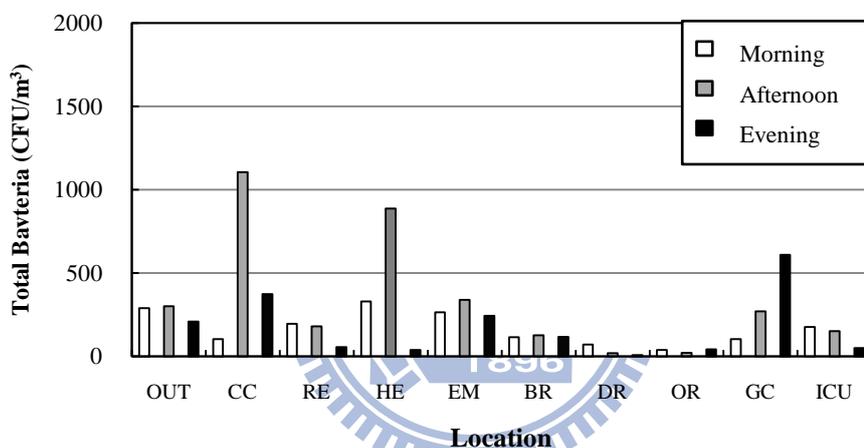
(c)



(d)



(e)



(f)

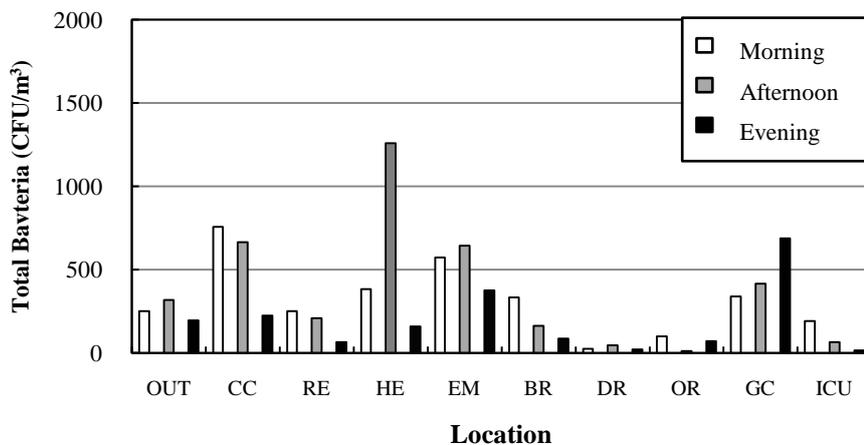


圖 E-3 H3 醫院空氣中細菌濃度

(a) 九十八年八月、(b) 十月、(c) 十二月、(d) 九十九年二月、(e) 四月、(f) 六月

附錄F Mann-Whitney U test分析同類型部門

表 F-1 Mann-Whitney U test 分析三所醫院手術房之統計數值

	Hospital	N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
Fungi	H1	15	13.20	198.00	-1.483	0.138
	H2	15	17.80	267.00		
	H1	15	11.57	173.50	-2.086	0.037
	H3	13	17.88	232.50		
	H2	15	13.70	205.50	-0.560	0.575
	H3	13	15.42	200.50		
Bacteria	H1	15	15.03	225.50	-0.291	0.771
	H2	15	15.97	239.50		
	H1	15	11.77	176.50	-1.890	0.059
	H3	13	17.65	229.50		
	H2	15	12.27	184.00	-1.545	0.122
	H3	13	17.08	222.00		

表 F-2 Mann-Whitney U test 分析三所醫院加護病房之統計數值

	Hospital	N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
Fungi	H1	15	20.73	311.00	-3.259	0.001
	H2	15	10.27	154.00		
	H1	15	17.57	263.50	-1.287	0.198
	H3	15	13.43	201.50		
	H2	15	11.70	175.50	-2.368	0.018
	H3	15	19.30	289.50		
Bacteria	H1	15	16.77	251.50	-0.789	0.430
	H2	15	14.23	213.50		
	H1	15	15.60	234.00	-0.062	0.950
	H3	15	15.40	231.00		
	H2	15	14.23	213.50	-0.788	0.430
	H3	15	16.77	251.50		

表 F-3 Mann-Whitney U test 分析三所醫院普通病房

	Hospital	N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
Fungi	H1	15	12.80	192.00	-1.680	0.093
	H2	15	18.20	273.00		
Bacteria	H1	15	14.43	216.50	-0.664	0.507
	H2	15	16.57	248.50		

表 F-4 Mann-Whitney U test 分析三所醫院急診

	Hospital	N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
Fungi	H1	17	14.88	253.00	-1.553	0.125
	H2	17	20.12	342.00		
	H1	17	10.68	181.50	-3.996	0.000
	H3	17	24.32	413.50		
	H2	17	17.12	291.00	-0.224	0.823
	H3	17	17.88	304.00		
Bacteria	H1	17	20.97	238.50	-2.032	0.042
	H2	17	19.15	356.50		
	H1	17	11.71	199.00	-3.393	0.001
	H3	17	23.29	396.00		
	H2	17	15.85	269.50	-0.965	0.335
	H3	17	19.15	325.50		

表 F-5 Mann-Whitney U test 分析三所醫院掛號區

	Hospital	N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
Fungi	H1	17	18.38	312.50	-0.215	0.830
	H2	18	17.64	317.50		
	H1	17	25.62	435.50	-4.276	0.000
	H3	18	10.81	194.50		
	H2	18	26.11	470.00	-4.377	0.000
	H3	18	10.89	196.00		
Bacteria	H1	17	18.68	317.50	-0.380	0.704
	H2	18	17.36	312.50		
	H1	17	23.18	394.00	-2.904	0.004
	H3	18	13.11	236.00		
	H2	18	24.17	435.00	-3.228	0.001
	H3	18	12.83	231.00		

附錄G Kruskal-Wallis test分析三所醫院各監測場所

表 G-1 Kruskal-Wallis test 分析 H1 醫院各監測場所

Location	month	Fungi					Bacteria				
		N	Mean rank	Chi-square	df	<i>p</i> -value	N	Mean rank	Chi-square	df	<i>p</i> -value
Out	Aug.	2	24.00	39.798	5	0.000	2	31.50	12.252	5	0.031
	Oct.	6	10.08				6	42.17			
	Dec.	12	18.54				12	19.08			
	Feb.	12	38.88				12	24.92			
	Apr.	12	17.25				12	23.92			
	Jun.	10	48.05				10	35.40			
HA	Aug.	2	20.50	20.535	5	0.001	2	30.50	19.720	5	0.001
	Oct.	6	4.50				6	19.50			
	Dec.	6	17.58				6	15.33			
	Feb.	6	18.83				6	6.83			
	Apr.	6	12.42				6	10.50			
	Jun.	6	27.83				6	25.67			
RE1	Aug.	3	24.67	14.927	5	0.011	3	18.67	9.834	5	0.080
	Oct.	6	9.17				6	15.83			
	Dec.	4	17.50				4	21.25			
	Feb.	6	21.92				6	9.67			
	Apr.	6	7.67				6	10.83			
	Jun.	6	19.92				6	22.83			

表 G-1 Kruskal-Wallis test 分析 H1 醫院各監測場所 (續)

Location	month	Fungi					Bacteria				
		N	Mean rank	Chi-square	df	p-value	N	Mean rank	Chi-square	df	p-value
RE2	Aug.	-	-	10.650	4	0.031	-	-	4.643	4	0.326
	Oct.	6	17.25				6	10.33			
	Dec.	4	16.50				4	17.75			
	Feb.	6	17.75				6	11.75			
	Apr.	6	4.83				6	14.75			
	Jun.	6	16.83				6	19.00			
EM	Aug.	2	27.00	24.411	5	0.001	2	20.00	16.211	5	0.006
	Oct.	6	17.42				6	15.75			
	Dec.	6	8.83				6	10.83			
	Feb.	6	23.75				6	15.33			
	Apr.	6	5.67				6	10.25			
	Jun.	6	23.33				6	29.17			
OR	Aug.	-	-	18.387	4	0.001	-	-	18.370	4	0.001
	Oct.	6	27.00				6	24.25			
	Dec.	6	12.50				6	19.00			
	Feb.	6	14.00				6	11.58			
	Apr.	6	14.00				6	18.17			
	Jun.	6	10.00				6	4.50			
ICU	Aug.	-	-	22.842	4	0.000	-	-	5.885	4	0.208
	Oct.	6	19.33				6	15.75			
	Dec.	6	8.58				6	17.67			
	Feb.	6	24.92				6	8.00			
	Apr.	6	4.50				6	17.08			
	Jun.	6	20.17				6	19.00			

表 G-1 Kruskal-Wallis test 分析 H1 醫院各監測場所 (續)

Location	month	Fungi					Bacteria				
		N	Mean rank	Chi-square	df	p-value	N	Mean rank	Chi-square	df	p-value
RCC	Aug.	-	-	17.847	4	0.001	-	-	19.593	4	0.001
	Oct.	6	19.83				6	23.50			
	Dec.	6	8.42				6	8.83			
	Feb.	6	16.82				6	5.33			
	Apr.	6	7.33				6	20.67			
	Jun.	6	25.00				6	19.17			
GS	Aug.	-	-	14.902	4	0.005	-	-	18.712	4	0.001
	Oct.	6	22.50				6	9.50			
	Dec.	6	12.00				6	21.58			
	Feb.	6	18.25				6	14.33			
	Apr.	6	5.17				6	6.92			
	Jun.	6	19.58				6	25.17			
FD	Aug.	2	12.50	11.217	5	0.047	2	13.00	11.755	5	0.038
	Oct.	4	3.50				4	8.63			
	Dec.	4	11.63				4	7.38			
	Feb.	4	13.50				4	1.50			
	Apr.	2	5.00				2	17.00			
	Jun.	4	15.13				4	11.50			

表 G-2 Kruskal-Wallis test 分析 H2 醫院各監測場所

Location	month	Fungi					Bacteria				
		N	Mean rank	Chi-square	df	p-value	N	Mean rank	Chi-square	df	p-value
OUT	Aug.	3	26.00	37.946	5	0.000	3	41.67	26.622	5	0.000
	Oct.	6	40.50				6	23.17			
	Dec.	6	12.42				6	19.33			
	Feb.	12	16.41				12	20.57			
	Apr.	12	24.96				12	21.88			
	Jun.	16	48.54				16	47.13			
S1	Aug.	-	-	25.260	4	0.000	-	-	17.807	4	0.001
	Oct.	6	18.25				6	17.00			
	Dec.	6	18.75				6	10.42			
	Feb.	6	5.50				6	5.92			
	Apr.	6	7.50				6	18.67			
	Jun.	6	27.50				6	25.50			
SOUT	Aug.	-	-	12.506	3	0.006	-	-	9.675	3	0.022
	Oct.	-	-				-	-			
	Dec.	6	9.25				6	14.83			
	Feb.	6	7.84				6	7.58			
	Apr.	6	11.17				6	8.92			
	Jun.	6	21.17				6	18.67			
RE	Aug.	3	23.00	17.770	5	0.003	-	25.00	13.057	5	0.023
	Oct.	6	20.00				6	18.83			
	Dec.	6	13.33				6	17.67			
	Feb.	6	3.83				6	8.50			
	Apr.	6	21.00				6	11.17			
	Jun.	6	23.83				6	24.83			

表 G-2 Kruskal-Wallis test 分析 H2 醫院各監測場所 (續)

Location	month	Fungi					Bacteria				
		N	Mean rank	Chi-square	df	p-value	N	Mean rank	Chi-square	df	p-value
ER	Aug.	-	-	5.592	4	0.232	-	-	5.680	4	0.224
	Oct.	4	10.75				4	10.75			
	Dec.	4	5.63				4	11.13			
	Feb.	4	8.88				4	5.25			
	Apr.	2	4.50				2	4.25			
	Jun.	2	13.00				2	9.50			
EM	Aug.	2	25.50	28.157	5	0.000	2	30.00	23.746	5	0.000
	Oct.	6	29.00				6	26.67			
	Dec.	6	15.67				6	18.50			
	Feb.	6	6.08				6	5.58			
	Apr.	6	6.92				6	8.92			
	Jun.	6	21.83				6	18.33			
DM	Aug.	3	18.83	9.710	5	0.084	3	17.00	14.769	5	0.011
	Oct.	6	19.58				6	21.50			
	Dec.	6	19.75				6	6.83			
	Feb.	6	16.08				6	14.17			
	Apr.	6	6.58				6	15.67			
	Jun.	6	22.08				6	26.83			
DS	Aug.	-	-	10.453	4	0.033	-	-	13.804	4	0.008
	Oct.	6	14.00				6	21.83			
	Dec.	6	17.17				6	9.67			
	Feb.	6	9.75				6	9.33			
	Apr.	6	11.92				6	13.33			
	Jun.	6	24.67				6	23.33			

表 G-2 Kruskal-Wallis test 分析 H2 醫院各監測場所 (續)

Location	month	Fungi					Bacteria				
		N	Mean rank	Chi-square	df	p-value	N	Mean rank	Chi-square	df	p-value
OR	Aug.	-	-	13.210	4	0.010	-	-	10.933	4	0.027
	Oct.	6	10.17				6	10.17			
	Dec.	6	21.83				6	10.33			
	Feb.	6	12.75				6	19.00			
	Apr.	6	10.58				6	14.17			
	Jun.	6	22.17				6	23.83			
GS	Aug.	-	-	9.015	4	0.061	-	-	17.631	4	0.001
	Oct.	6	20.58				6	24.67			
	Dec.	6	8.25				6	11.42			
	Feb.	6	16.67				6	9.50			
	Apr.	6	11.75				6	9.25			
	Jun.	6	20.25				6	22.67			
ICU	Aug.	-	-	21.385	4	0.000	-	-	11.853	4	0.018
	Oct.	6	26.00				6	22.92			
	Dec.	6	22.75				6	6.92			
	Feb.	6	11.08				6	13.75			
	Apr.	6	8.00				6	14.08			
	Jun.	6	9.67				6	19.83			

表 G-3 Kruskal-Wallis test 分析 H3 醫院各監測場所

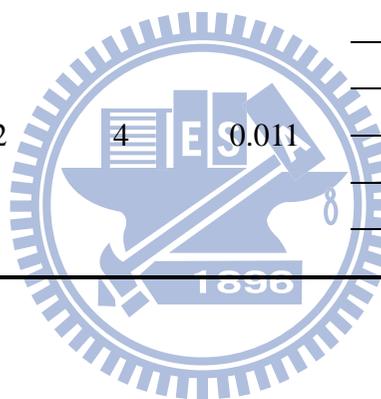
Location	month	Fungi					Bacteria				
		N	Mean rank	Chi-square	df	p-value	N	Mean rank	Chi-square	df	p-value
Out	Aug.	3	26.00	42.073	5	0.000	3	35.00	24.976	5	0.000
	Oct.	6	12.50				6	55.33			
	Dec.	12	32.42				12	36.75			
	Feb.	18	17.72				18	16.14			
	Apr.	12	39.42				12	34.13			
	Jun.	12	56.83				12	36.50			
CC	Aug.	3	21.00	4.642	5	0.641	3	25.00	23.402	5	0.000
	Oct.	5	20.80				6	28.50			
	Dec.	6	10.92				6	10.33			
	Feb.	6	19.00				6	4.83			
	Apr.	6	14.33				6	17.58			
	Jun.	6	15.92				6	19.75			
RE	Aug.	3	25.00	7.604	5	0.179	3	13.33	10.066	5	0.073
	Oct.	6	23.08				6	24.00			
	Dec.	6	10.33				6	8.50			
	Feb.	6	15.92				6	14.58			
	Apr.	6	16.17				6	18.08			
	Jun.	6	15.50				6	21.67			
HE	Aug.	-	-	15.481	4	0.004	-	-	13.179	4	0.010
	Oct.	6	13.67				6	20.58			
	Dec.	6	5.92				6	13.67			
	Feb.	6	16.33				6	5.08			
	Apr.	6	25.67				6	17.25			
	Jun.	6	15.92				6	20.92			

表 G-3 Kruskal-Wallis test 分析 H3 醫院各監測場所 (續)

Location	month	Fungi					Bacteria				
		N	Mean rank	Chi-square	df	p-value	N	Mean rank	Chi-square	df	p-value
EM	Aug.	-	-	10.173	4	0.038	-	-	19.078	4	0.001
	Oct.	5	10.40				5	22.70			
	Dec.	6	14.08				6	11.50			
	Feb.	6	15.75				6	5.33			
	Apr.	6	10.08				6	13.25			
	Jun.	6	23.92				6	23.50			
BR	Aug.	-	-	5.631	4	0.228	-	-	9.186	4	0.057
	Oct.	4	6.63				4	7.50			
	Dec.	4	15.50				4	15.63			
	Feb.	6	10.67				6	6.25			
	Apr.	3	14.50				3	14.00			
	Jun.	4	8.75				4	14.75			
DR	Aug.	-	-	2.147	4	0.709	-	-	6.653	4	0.155
	Oct.	3	8.83				3	6.33			
	Dec.	3	9.33				3	13.00			
	Feb.	4	10.38				4	4.75			
	Apr.	3	5.33				3	8.67			
	Jun.	3	8.00				3	11.00			
OR	Aug.	-	-	12.854	4	0.012	-	-	12.134	4	0.016
	Oct.	4	17.75				6	11.17			
	Dec.	2	12.50				2	19.75			
	Feb.	6	14.75				6	5.50			
	Apr.	6	4.00				6	16.75			
	Jun.	6	15.25				6	18.50			

表 G-3 Kruskal-Wallis test 分析 H3 醫院各監測場所 (續)

Location	month	Fungi					Bacteria				
		N	Mean rank	Chi-square	df	<i>p</i> -value	N	Mean rank	Chi-square	df	<i>p</i> -value
GC	Aug.	3	24.00	5.588	5	0.348	3	20.67	8.972	5	0.110
	Oct.	6	11.58				6	16.33			
	Dec.	6	13.25				6	8.58			
	Feb.	6	17.08				6	15.58			
	Apr.	6	18.50				6	18.00			
	Jun.	6	21.08				6	24.67			
ICU	Aug.	-	-	13.052	4	0.011	-	-	11.422	4	0.022
	Oct.	6	16.92				6	17.83			
	Dec.	6	4.08				6	7.25			
	Feb.	6	18.92				6	9.75			
	Apr.	3	13.50				3	21.83			
	Jun.	6	16.33				6	17.25			



附錄H 室內人數與真菌、細菌濃度相關性分析

表 H-1 Spearman 相關係數分析 H1 醫院人口數與微生物濃度

Location		Fungi	Bacteria
HA	Correlation Coefficient	0.337	0.607
	Sig. (2- tailed)	0.186	0.010
	N	17	17
RE1	Correlation Coefficient	0.460	0.742
	Sig. (2- tailed)	0.063	0.001
	N	17	17
RE2	Correlation Coefficient	-0.039	0.739
	Sig. (2- tailed)	0.896	0.003
	N	14	14
EM	Correlation Coefficient	-0.190	-0.235
	Sig. (2- tailed)	0.466	0.363
	N	17	17
OR	Correlation Coefficient	0.133	0.418
	Sig. (2- tailed)	0.636	0.121
	N	15	15
RCC	Correlation Coefficient	-0.393	0.613
	Sig. (2- tailed)	0.132	0.012
	N	16	16
GS	Correlation Coefficient	-0.074	0.552
	Sig. (2- tailed)	0.793	0.033
	N	15	15
FD	Correlation Coefficient	0.232	0.361
	Sig. (2- tailed)	0.549	0.276
	N	11	11
ICU	Correlation Coefficient	-0.013	0.000
	Sig. (2- tailed)	0.964	1.000
	N	15	15

表 H-2 Spearman 相關係數分析 H2 醫院人口數與微生物濃度

Location		Fungi	Bacteria
S1	Correlation Coefficient	-0.067	0.373
	Sig. (2- tailed)	0.804	0.155
	N	16	16
RE	Correlation Coefficient	0.385	0.641
	Sig. (2- tailed)	0.115	0.004
	N	18	18
ER	Correlation Coefficient	0.217	-0.130
	Sig. (2- tailed)	0.576	0.739
	N	9	9
EM	Correlation Coefficient	0.021	0.118
	Sig. (2- tailed)	0.937	0.652
	N	17	17
OR	Correlation Coefficient	0.386	0.391
	Sig. (2- tailed)	0.156	0.150
	N	15	15
DM	Correlation Coefficient	0.453	0.752
	Sig. (2- tailed)	0.059	0.000
	N	18	18
DS	Correlation Coefficient	-0.047	0.309
	Sig. (2- tailed)	0.869	0.262
	N	15	15
GS	Correlation Coefficient	0.088	0.176
	Sig. (2- tailed)	0.755	0.530
	N	15	15
ICU	Correlation Coefficient	-0.429	0.300
	Sig. (2- tailed)	0.111	0.278
	N	15	15

表 H-3 Spearman 相關係數分析 H3 醫院人口數與微生物濃度

Location		Fungi	Bacteria
CC	Correlation Coefficient	0.264	0.865
	Sig. (2- tailed)	0.342	0.000
	N	15	15
RE	Correlation Coefficient	0.725	0.646
	Sig. (2- tailed)	0.002	0.009
	N	15	15
HE	Correlation Coefficient	0.387	0.782
	Sig. (2- tailed)	0.154	0.001
	N	15	15
EM	Correlation Coefficient	0.123	0.606
	Sig. (2- tailed)	0.663	0.017
	N	15	15
OR	Correlation Coefficient	0.301	0.091
	Sig. (2- tailed)	0.317	0.767
	N	13	13
BR	Correlation Coefficient	0.222	0.223
	Sig. (2- tailed)	0.446	0.443
	N	14	14
DR	Correlation Coefficient	-0.015	0.370
	Sig. (2- tailed)	0.957	0.175
	N	15	15
GC	Correlation Coefficient	0.345	0.306
	Sig. (2- tailed)	0.208	0.268
	N	15	15
ICU	Correlation Coefficient	-0.133	-0.210
	Sig. (2- tailed)	0.637	0.452
	N	15	15

附錄I CO₂與真菌、細菌濃度相關性分析

表 I-1 Spearman 相關係數分析 H1 醫院 CO₂ 與微生物濃度

Location		Fungi	Bacteria
OUT	Correlation Coefficient	-0.068	-0.076
	Sig. (2- tailed)	0.803	0.778
	N	16	16
HA	Correlation Coefficient	-0.200	-0.074
	Sig. (2- tailed)	0.458	0.787
	N	16	16
RE1	Correlation Coefficient	0.645	0.539
	Sig. (2- tailed)	0.005	0.026
	N	17	17
RE2	Correlation Coefficient	0.130	0.705
	Sig. (2- tailed)	0.658	0.005
	N	14	14
EM	Correlation Coefficient	-0.133	-0.483
	Sig. (2- tailed)	0.681	0.112
	N	12	12
OR	Correlation Coefficient	-0.572	-0.009
	Sig. (2- tailed)	0.026	0.975
	N	15	15
RCC	Correlation Coefficient	0.593	-0.545
	Sig. (2- tailed)	0.042	0.067
	N	12	12
GS	Correlation Coefficient	0.312	0.650
	Sig. (2- tailed)	0.324	0.022
	N	12	12
FD	Correlation Coefficient	0.346	0.464
	Sig. (2- tailed)	0.297	0.151
	N	11	11
ICU	Correlation Coefficient	-0.256	0.157
	Sig. (2- tailed)	0.357	0.576
	N	15	15

表 I-2 Spearman 相關係數分析 H2 醫院 CO₂ 與微生物濃度

Location		Fungi	Bacteria
OUT	Correlation Coefficient	-0.146	0.430
	Sig. (2- tailed)	0.565	0.075
	N	18	18
S1	Correlation Coefficient	-0.711	0.400
	Sig. (2- tailed)	0.032	0.286
	N	9	9
RE	Correlation Coefficient	0.478	0.726
	Sig. (2- tailed)	0.045	0.001
	N	18	18
ER	Correlation Coefficient	-0.515	0.108
	Sig. (2- tailed)	0.192	0.799
	N	8	8
EM	Correlation Coefficient	-0.755	-0.566
	Sig. (2- tailed)	0.005	0.055
	N	12	12
OR	Correlation Coefficient	-0.175	-0.243
	Sig. (2- tailed)	0.532	0.383
	N	15	15
DM	Correlation Coefficient	0.467	0.614
	Sig. (2- tailed)	0.050	0.007
	N	18	18
DS	Correlation Coefficient	-0.038	0.221
	Sig. (2- tailed)	0.894	0.428
	N	15	15
GS	Correlation Coefficient	-0.118	0.221
	Sig. (2- tailed)	0.676	0.428
	N	15	15
ICU	Correlation Coefficient	0.057	0.568
	Sig. (2- tailed)	0.839	0.027
	N	15	15

表 I-3 Spearman 相關係數分析 H3 醫院 CO₂ 與微生物濃度

Location		Fungi	Bacteria
OUT	Correlation Coefficient	0.167	0.550
	Sig. (2- tailed)	0.688	0.125
	N	9	9
CC	Correlation Coefficient	0.053	0.622
	Sig. (2- tailed)	0.871	0.031
	N	12	12
RE	Correlation Coefficient	0.562	0.652
	Sig. (2- tailed)	0.019	0.005
	N	17	17
HE	Correlation Coefficient	.304	0.740
	Sig. (2- tailed)	0.270	0.002
	N	15	15
EM	Correlation Coefficient	-0.476	-0.262
	Sig. (2- tailed)	0.223	0.531
	N	8	8
OR	Correlation Coefficient	-0.295	0.152
	Sig. (2- tailed)	0.407	0.676
	N	10	10
BR	Correlation Coefficient	-0.521	-0.132
	Sig. (2- tailed)	0.08	0.668
	N	13	13
GC	Correlation Coefficient	0.516	0.538
	Sig. (2- tailed)	0.059	0.047
	N	14	14
ICU	Correlation Coefficient	0.557	0.553
	Sig. (2- tailed)	0.060	0.062
	N	12	12

附錄J Spearman相關係數分析CO₂的影響因子

表 J-1 Spearman 相關係數分析 H1 醫院的 CO₂ 影響因子

Location	Related factor	Person	Temperature	RH	Out CO ₂
OUT	Correlation Coefficient	-	0.541	-0.824	-
	Sig. (2- tailed)	-	0.030	0.000	-
	N	-	16	16	-
HA	Correlation Coefficient	0.406	0.294	0.026	0.615
	Sig. (2- tailed)	0.118	0.269	0.922	0.011
	N	16	16	16	16
RE1	Correlation Coefficient	0.744	0.505	-0.059	0.196
	Sig. (2- tailed)	0.001	0.039	0.823	0.483
	N	17	17	17	15
RE2	Correlation Coefficient	0.838	0.455	0.081	0.346
	Sig. (2- tailed)	0.000	0.102	0.782	0.247
	N	14	14	14	13
EM	Correlation Coefficient	0.569	-0.007	0.084	0.343
	Sig. (2- tailed)	0.054	0.983	0.795	0.276
	N	12	12	12	12
OR	Correlation Coefficient	0.080	-0.374	0.507	-0.270
	Sig. (2- tailed)	0.776	0.170	0.054	0.350
	N	15	15	15	14
RCC	Correlation Coefficient	-0.754	0.608	0.762	0.678
	Sig. (2- tailed)	0.005	0.036	0.004	0.015
	N	12	12	12	12
GS	Correlation Coefficient	0.489	-0.133	-0.217	0.227
	Sig. (2- tailed)	0.107	0.681	0.499	0.502
	N	12	12	12	11
FD	Correlation Coefficient	0.745	-0.118	0.503	0.745
	Sig. (2- tailed)	0.008	0.729	0.138	0.008
	N	11	11	10	11
ICU	Correlation Coefficient	0.617	-0.371	-0.243	0.327
	Sig. (2- tailed)	0.014	0.173	0.383	0.253
	N	15	15	15	14

表 J-2 Spearman 相關係數分析 H2 醫院的 CO₂ 影響因子

Location	Related factor	Person	Temperature	RH	Out CO ₂
OUT	Correlation Coefficient	-	0.309	-0.558	-
	Sig. (2- tailed)	-	0.213	0.016	-
	N	-	18	18	-
S1	Correlation Coefficient	-0.117	0.467	-0.367	0.950
	Sig. (2- tailed)	0.764	0.205	0.332	0.000
	N	9	9	9	9
RE	Correlation Coefficient	0.786	0.709	0.203	0.585
	Sig. (2- tailed)	0.000	0.001	0.418	0.011
	N	18	18	18	18
ER	Correlation Coefficient	0.250	-0.714	-0.262	0.524
	Sig. (2- tailed)	0.550	0.047	0.531	0.183
	N	8	8	8	8
EM	Correlation Coefficient	0.312	-0.816	-0.615	0.042
	Sig. (2- tailed)	0.324	0.001	0.033	0.897
	N	12	12	12	12
OR	Correlation Coefficient	-0.068	-0.313	0.061	-0.104
	Sig. (2- tailed)	0.809	0.256	0.830	0.713
	N	15	15	15	15
DM	Correlation Coefficient	0.587	0.604	-0.187	0.511
	Sig. (2- tailed)	0.010	0.008	0.458	0.030
	N	18	18	18	18
DS	Correlation Coefficient	0.822	0.347	-0.207	0.454
	Sig. (2- tailed)	0.000	0.205	0.459	0.089
	N	15	15	15	15
GS	Correlation Coefficient	0.568	0.243	-0.021	0.382
	Sig. (2- tailed)	0.027	0.383	0.940	0.160
	N	15	15	15	15
ICU	Correlation Coefficient	0.242	0.432	0.064	-0.646
	Sig. (2- tailed)	0.384	0.108	0.820	0.009
	N	15	15	15	15

表 J-3 Spearman 相關係數分析 H3 醫院的 CO₂ 影響因子

Location	Related factor	Person	Temperature	RH	Out CO ₂
OUT	Correlation Coefficient	-	0.150	-0.567	-
	Sig. (2- tailed)	-	0.700	0.112	-
	N	-	9	9	-
CC	Correlation Coefficient	0.862	0.301	-0.455	0.333
	Sig. (2- tailed)	0.000	0.342	0.138	0.381
	N	12	12	12	9
RE	Correlation Coefficient	0.319	0.501	0.066	0.333
	Sig. (2- tailed)	0.246	0.047	0.801	0.381
	N	15	17	17	9
HE	Correlation Coefficient	0.732	0.339	0.018	0.238
	Sig. (2- tailed)	0.003	0.216	0.950	0.570
	N	14	15	15	8
EM	Correlation Coefficient	0.429	0.214	-0.167	0.314
	Sig. (2- tailed)	0.397	0.610	0.693	0.544
	N	6	8	8	6
OR	Correlation Coefficient	0.389	-0.224	0.176	-0.400
	Sig. (2- tailed)	0.266	0.533	0.627	0.286
	N	10	10	10	9
BR	Correlation Coefficient	-0.580	-0.333	-0.121	0.533
	Sig. (2- tailed)	0.048	0.266	0.694	0.139
	N	12	13	13	9
GC	Correlation Coefficient	0.655	0.218	0.077	-0.467
	Sig. (2- tailed)	0.021	0.455	0.794	0.205
	N	12	14	14	9
ICU	Correlation Coefficient	0.309	0.608	-0.217	0.167
	Sig. (2- tailed)	0.328	0.036	0.499	0.668
	N	12	12	12	9

附錄K 溫濕度與真菌、細菌濃度相關性分析

表 K-1 Spearman 相關係數分析 H1 醫院的溫濕度與真菌、細菌濃度

Location	Related factor	Fungi		Bacteria	
		Temperature	RH	Temperature	RH
OUT	Correlation Coefficient	0.118	0.395	0.176	0.071
	Sig. (2- tailed)	0.653	0.117	0.498	0.786
	N	17	17	17	17
HA	Correlation Coefficient	0.387	0.775	0.517	0.201
	Sig. (2- tailed)	0.125	0.000	0.034	0.439
	N	17	17	17	17
RE1	Correlation Coefficient	0.645	0.385	0.243	-0.233
	Sig. (2- tailed)	0.005	0.127	0.348	0.368
	N	17	17	17	17
RE2	Correlation Coefficient	0.000	0.405	0.357	-0.359
	Sig. (2- tailed)	1.000	0.151	0.210	0.208
	N	14	14	14	14
EM	Correlation Coefficient	0.683	0.633	0.485	0.309
	Sig. (2- tailed)	0.003	0.006	0.048	0.228
	N	17	17	17	17
OR	Correlation Coefficient	0.261	-0.254	-0.140	0.300
	Sig. (2- tailed)	0.347	0.362	0.619	0.278
	N	15	15	15	15
RCC	Correlation Coefficient	0.531	0.494	0.085	-0.156
	Sig. (2- tailed)	0.034	0.052	0.753	0.564
	N	16	16	16	16
GS	Correlation Coefficient	0.231	0.020	-0.232	0.350
	Sig. (2- tailed)	0.408	0.945	0.405	0.201
	N	15	15	15	15
FD	Correlation Coefficient	0.305	0.091	0.645	-0.455
	Sig. (2- tailed)	0.361	0.790	0.032	0.160
	N	11	11	11	11
ICU	Correlation Coefficient	0.750	-0.244	-0.288	0.139
	Sig. (2- tailed)	0.001	0.382	0.298	0.620
	N	15	15	15	15

表 K-2 Spearman 相關係數分析 H2 醫院的溫濕度與真菌、細菌濃度

Location	Related factor	Bacteria		Fungi	
		Temperature	RH	Temperature	RH
OUT	Correlation Coefficient	0.525	-0.342	0.628	-0.457
	Sig. (2- tailed)	0.025	0.165	0.005	0.056
	N	18	18	18	18
S1	Correlation Coefficient	0.490	0.032	0.350	0.046
	Sig. (2- tailed)	0.054	0.905	0.184	0.867
	N	16	16	16	16
RE	Correlation Coefficient	0.660	0.134	0.759	0.000
	Sig. (2- tailed)	0.003	0.595	0.000	1.000
	N	18	18	18	18
ER	Correlation Coefficient	0.778	0.360	-0.008	0.527
	Sig. (2- tailed)	0.014	0.342	0.983	0.145
	N	9	9	9	9
EM	Correlation Coefficient	0.600	0.475	0.501	0.352
	Sig. (2- tailed)	0.011	0.054	0.041	0.166
	N	17	17	17	17
OR	Correlation Coefficient	0.362	0.015	0.300	-0.201
	Sig. (2- tailed)	0.185	0.959	0.277	0.474
	N	15	15	15	15
DM	Correlation Coefficient	0.539	-0.200	0.636	-0.290
	Sig. (2- tailed)	0.021	0.425	0.005	0.243
	N	18	18	18	18
DS	Correlation Coefficient	0.418	-0.077	0.642	0.139
	Sig. (2- tailed)	0.121	0.785	0.010	0.621
	N	15	15	15	15
GS	Correlation Coefficient	0.604	0.611	0.661	0.596
	Sig. (2- tailed)	0.017	0.016	0.007	0.019
	N	15	15	15	15
ICU	Correlation Coefficient	-0.120	-0.120	0.223	-0.542
	Sig. (2- tailed)	0.670	0.670	0.423	0.037
	N	15	15	15	15
SOUT	Correlation Coefficient	0.545	-0.252	0.469	-0.336
	Sig. (2- tailed)	0.067	0.430	0.124	0.286
	N	12	12	12	12

表 K-3 Spearman 相關係數分析 H3 醫院的溫濕度與真菌、細菌濃度

Location	Related factor	Bacteria		Fungi	
		Temperature	RH	Temperature	RH
OUT	Correlation Coefficient	-0.194	0.232	0.240	-0.389
	Sig. (2- tailed)	0.456	0.405	0.353	0.152
	N	17	15	17	15
CC	Correlation Coefficient	0.287	-0.308	0.740	-0.414
	Sig. (2- tailed)	0.264	0.229	0.001	0.098
	N	17	17	17	17
RE	Correlation Coefficient	0.692	-0.098	0.645	-0.272
	Sig. (2- tailed)	0.002	0.708	0.005	0.291
	N	17	17	17	17
HE	Correlation Coefficient	0.118	-0.230	0.696	-0.459
	Sig. (2- tailed)	0.664	0.392	0.003	0.074
	N	16	16	16	16
EM	Correlation Coefficient	0.176	0.652	0.498	-0.135
	Sig. (2- tailed)	0.498	0.005	0.042	0.606
	N	17	17	17	17
OR	Correlation Coefficient	0.722	0.322	0.137	-0.467
	Sig. (2- tailed)	0.005	0.283	0.655	0.108
	N	13	13	13	13
BR	Correlation Coefficient	0.485	0.032	0.395	-0.232
	Sig. (2- tailed)	0.067	0.909	0.145	0.405
	N	15	15	15	15
DR	Correlation Coefficient	0.186	0.051	-0.401	0.115
	Sig. (2- tailed)	0.506	0.858	0.138	0.684
	N	15	15	15	15
GC	Correlation Coefficient	0.335	0.079	0.406	-0.049
	Sig. (2- tailed)	0.174	0.754	0.095	0.848
	N	18	18	18	18
ICU	Correlation Coefficient	0.562	0.152	0.425	-0.057
	Sig. (2- tailed)	0.029	0.589	0.114	0.840
	N	15	15	15	15

附錄L 室外空氣與真菌、細菌濃度相關性分析

表 L-1 Spearman 相關係數分析 H1 醫院室內外真菌與細菌濃度

Location		Fungi	Bacteria
HA	Correlation Coefficient	0.730	0.380
	Sig. (2- tailed)	0.001	0.133
	N	17	17
RE1	Correlation Coefficient	0.259	0.329
	Sig. (2- tailed)	0.333	0.213
	N	16	16
RE2	Correlation Coefficient	-0.125	0.007
	Sig. (2- tailed)	0.929	0.982
	N	14	14
EM	Correlation Coefficient	0.413	0.336
	Sig. (2- tailed)	0.099	0.188
	N	17	17
OR	Correlation Coefficient	-0.461	0.298
	Sig. (2- tailed)	0.084	0.281
	N	15	15
RCC	Correlation Coefficient	0.369	0.324
	Sig. (2- tailed)	0.160	0.222
	N	16	16
GS	Correlation Coefficient	0.097	-0.057
	Sig. (2- tailed)	0.732	0.840
	N	15	15
FD	Correlation Coefficient	0.178	0.518
	Sig. (2- tailed)	0.601	0.102
	N	11	11
ICU	Correlation Coefficient	0.356	0.345
	Sig. (2- tailed)	0.192	0.208
	N	15	15

表 L-2 Spearman 相關係數分析 H2 醫院室內外真菌與細菌濃度

Location		Fungi	Bacteria
S1	Correlation Coefficient	0.556	0.553
	Sig. (2- tailed)	0.025	0.026
	N	16	16
RE	Correlation Coefficient	0.500	0.532
	Sig. (2- tailed)	0.035	0.023
	N	18	18
ER	Correlation Coefficient	0.126	0.703
	Sig. (2- tailed)	0.788	0.078
	N	9	9
EM	Correlation Coefficient	0.505	0.537
	Sig. (2- tailed)	0.039	0.026
	N	17	17
OR	Correlation Coefficient	0.053	0.225
	Sig. (2- tailed)	0.850	0.420
	N	15	15
DM	Correlation Coefficient	0.224	0.501
	Sig. (2- tailed)	0.372	0.034
	N	18	18
DS	Correlation Coefficient	0.277	0.307
	Sig. (2- tailed)	0.318	0.265
	N	15	15
GS	Correlation Coefficient	0.239	0.254
	Sig. (2- tailed)	0.390	0.362
	N	15	15
ICU	Correlation Coefficient	-0.025	0.079
	Sig. (2- tailed)	0.929	0.781
	N	15	15

表 L-3 Spearman 相關係數分析 H3 醫院室內外真菌與細菌濃度

Location		Fungi	Bacteria
CC	Correlation Coefficient	0.065	0.684
	Sig. (2- tailed)	0.799	0.002
	N	18	18
RE	Correlation Coefficient	-0.147	0.282
	Sig. (2- tailed)	0.561	0.257
	N	18	18
HE	Correlation Coefficient	0.356	0.684
	Sig. (2- tailed)	0.175	0.003
	N	16	16
EM	Correlation Coefficient	0.321	0.603
	Sig. (2- tailed)	0.209	0.010
	N	17	17
OR	Correlation Coefficient	-0.511	-0.126
	Sig. (2- tailed)	0.074	0.681
	N	13	13
BR	Correlation Coefficient	-0.009	0.207
	Sig. (2- tailed)	0.975	0.459
	N	15	15
DR	Correlation Coefficient	-0.474	0.047
	Sig. (2- tailed)	0.074	0.869
	N	15	15
GC	Correlation Coefficient	0.271	0.051
	Sig. (2- tailed)	0.276	0.842
	N	18	18
ICU	Correlation Coefficient	-0.027	0.661
	Sig. (2- tailed)	0.924	0.007
	N	15	15

附錄M 分析真菌、細菌濃度於早午晚時段之差異

表 M-1 Wilcoxon signed rank test 分析 H1 醫院真菌於早午晚時段之差異

Location	Time interval	N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value	
Out	Morning - Afternoon	Negative ranks ^a	1	5.00	5.00	-1.153	0.249
		Positive ranks ^b	5	3.20	16.00		
		Ties ^c	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks ^d	1	1.00	1.00	-1.753	0.080
		Positive ranks ^e	4	3.50	14.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks ^f	2	2.50	5.00	-0.674	0.500
		Positive ranks ^g	3	3.33	10.00		
		Ties	0				
		Total	5				
HA	Morning - Afternoon	Negative ranks	3	3.00	9.00	-0.314	0.753
		Positive ranks	3	4.00	12.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	3	2.00	6.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	2	4.50	12.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	1	5.00	5.00	-0.674	0.500
		Positive ranks	4	2.50	10.00		
		Ties	0				
		Total	5				

a. Morning > Afternoon

b. Morning < Afternoon

c. Morning = Afternoon

d. Morning > Evening

e. Morning < Evening

f. Afternoon > Evening

g. Afternoon < Evening

表 M-1 Wilcoxon signed rank test 分析 H1 醫院真菌於早午晚時段之差異 (續)

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
RE1	Morning - Afternoon	Negative ranks	5	3.20	16.00	-1.153	0.249
		Positive ranks	1	5.00	5.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	4	3.50	14.00	-1.573	0.080
		Positive ranks	1	1.00	1.00		
		Ties	0				
		Total	5				
RE2	Morning - Afternoon	Negative ranks	4	3.25	13.00	-1.483	0.138
		Positive ranks	1	2.00	2.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	2	2.50	5.00	0	1
		Positive ranks	2	2.50	5.00		
		Ties	0				
		Total	4				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	2	2.50	5.00	0	1
		Positive ranks	2	2.50	5.00		
		Ties	0				
		Total	4				
EM	Morning - Afternoon	Negative ranks	3	4.00	12.00	-1.214	0.225
		Positive ranks	2	1.50	3.00		
		Ties	1				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	1	2.00	2.00	-1.4830	0.138
		Positive ranks	4	3.25	13.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	0	0	0	-2.023	0.043
		Positive ranks	5	3.00	15.00		
		Ties	0				
		Total	5				
OR	Morning - Afternoon	Negative ranks	1	1.00	1.00	-1.069	0.285
		Positive ranks	2	2.50	5.00		
		Ties	2				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	0	0	0	-1.604	0.109
		Positive ranks	3	2.00	6.00		
		Ties	2				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	1	3.00	3.00	0	1.000
		Positive ranks	2	1.50	3.00		
		Ties	2				
		Total	5				

表 M-1 Wilcoxon signed rank test 分析 H1 醫院真菌於早午晚時段之差異 (續)

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
ICU	Morning - Afternoon	Negative ranks	3	2.00	6.00	-1.604	0.109
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	2				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	2	2.00	4.00	-0.944	0.345
		Positive ranks	3	3.67	11.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	2	2.00	4.00	-0.944	0.345
		Positive ranks	3	3.67	11.00		
		Ties	0				
		Total	5				
RCC	Morning - Afternoon	Negative ranks	4	3.00	12.00	-1.214	0.225
		Positive ranks	1	3.00	3.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	3	4.00	12.00	-1.214	0.225
		Positive ranks	2	1.50	3.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	2	1.50	3.00	0	1.000
		Positive ranks	1	3.00	3.00		
		Ties	2				
		Total	5				
GS	Morning - Afternoon	Negative ranks	0	0	0	-2.023	0.043
		Positive ranks	5	3.00	15.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	1	2.00	2.00	-1.483	0.138
		Positive ranks	4	3.25	13.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	2	2.50	5.00	0	1.000
		Positive ranks	2	2.50	5.00		
		Ties	1				
		Total	5				
FD	Lunch - Dinner	Negative ranks ^h	3	2.67	8.00	-1.095	0.273
		Positive ranks ⁱ	1	2.00	2.00		
		Ties	1				
		Total	5				

h. Lunch > Dinner

i. Lunch < Dinner

表 M-2 Wilcoxon signed rank test 分析 H2 醫院真菌於早午晚時段之差異

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
OUT	Morning - Afternoon	Negative ranks	4	3.50	14.00	-7.034	0.463
		Positive ranks	2	3.50	7.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	5	3.20	16.00	-1.153	0.249
		Positive ranks	1	5.00	5.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	3	2.33	7.00	-0.734	0.463
		Positive ranks	3	4.67	14.00		
		Ties	0				
		Total	6				
S1	Morning - Afternoon	Negative ranks	3	3.00	9.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	2	3.00	6.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	2	3.50	7.00	-0.135	0.893
		Positive ranks	3	2.67	8.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	1	2.00	2.00	-1.095	0.273
		Positive ranks	3	2.67	8.00		
		Ties	1				
		Total	5				
RE	Morning - Afternoon	Negative ranks	4	4.00	16.00	-1.153	0.249
		Positive ranks	2	2.50	5.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	5	4.00	20.00	-1.992	0.046
		Positive ranks	1	1.00	1.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	6	3.50	21.00	-2.207	0.027
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	6				
EM	Morning - Afternoon	Negative ranks	2	1.50	3.00	-1.572	0.116
		Positive ranks	4	4.50	18.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	3	3.67	11.00	-0.944	0.345
		Positive ranks	2	2.00	4.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	4	3.50	14.00	-1.753	0.080
		Positive ranks	1	1.00	1.00		
		Ties	0				
		Total	5				

表 M-2 Wilcoxon signed rank test分析H2醫院真菌於早午晚時段之差異 (續)

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
DM	Morning - Afternoon	Negative ranks	2	4.50	9.00	-0.314	0.753
		Positive ranks	4	3.00	12.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	4	4.25	17.00	-1.363	0.173
		Positive ranks	2	2.00	4.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	5	3.80	19.00	-1.782	0.075
		Positive ranks	1	2.00	2.00		
		Ties	0				
		Total	6				
DS	Morning - Afternoon	Negative ranks	1	4.00	4.00	-0.944	0.345
		Positive ranks	4	2.75	11.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	3	2.00	6.00	-0.365	0.715
		Positive ranks	1	4.00	4.00		
		Ties	1				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	3	3.33	10.00	-0.674	0.500
		Positive ranks	2	2.50	5.00		
		Ties	0				
		Total	5				
OR	Morning - Afternoon	Negative ranks	4	2.75	11.00	-0.944	0.345
		Positive ranks	1	4.00	4.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	3	2.67	8.00	-0.135	0.893
		Positive ranks	2	3.50	7.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	1	1.00	1.00	-1.069	0.285
		Positive ranks	2	2.50	5.00		
		Ties	2				
		Total	5				
GS	Morning - Afternoon	Negative ranks	2	3.00	6.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	3	3.00	9.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	4	2.50	10.00	-0.674	0.500
		Positive ranks	1	5.00	5.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	4	2.50	10.00	-0.674	0.500
		Positive ranks	1	5.00	5.00		
		Ties	0				
		Total	5				

表 M-2 Wilcoxon signed rank test分析H2醫院真菌於早午晚時段之差異 (續)

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
ICU	Morning - Afternoon	Negative ranks	3	3.33	10.00	-0.674	0.500
		Positive ranks	2	2.50	5.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	3	3.00	9.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	2	3.00	6.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	3	2.00	6.00	-0.365	0.715
		Positive ranks	1	4.00	4.00		
		Ties	1				
		Total	5				
SOUT	Morning - Afternoon	Negative ranks	1	3.00	3.00	-0.730	0.465
		Positive ranks	3	2.33	7.00		
		Ties	0				
		Total	4				
	Morning - Evening	Negative ranks	1	3.00	3.00	-0.730	0.465
		Positive ranks	3	2.33	7.00		
		Ties	0				
		Total	4				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	2	3.50	7.00	-0.730	0.465
		Positive ranks	2	1.50	3.00		
		Ties	0				
		Total	4				

表 M-3 Wilcoxon signed rank test 分析 H3 醫院真菌於早午晚時段之差異

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
OUT	Morning - Afternoon	Negative ranks	3	2.67	8.00	-0.135	0.893
		Positive ranks	2	3.50	7.00		
		Ties	1				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	2	3.00	6.00	-0.943	0.345
		Positive ranks	4	3.75	15.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	1	6.00	6.00	-0.943	0.345
		Positive ranks	5	3.00	15.00		
		Ties	0				
		Total	6				
CC	Morning - Afternoon	Negative ranks	2	4.00	8.00	-0.524	0.600
		Positive ranks	4	3.2	13.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	2	3.00	6.00	-0.943	0.345
		Positive ranks	4	3.75	15.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	0	0	0	-2.201	0.028
		Positive ranks	6	3.50	21.00		
		Ties	0				
		Total	6				
RE	Morning - Afternoon	Negative ranks	5	3.00	15.00	-0.943	0.345
		Positive ranks	1	6.00	6.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	6	3.50	21.00	-2.201	0.028
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	6				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	4	4.00	16.00	-1.153	0.249
		Positive ranks	2	2.50	5.00		
		Ties	0				
		Total	6				
HE	Morning - Afternoon	Negative ranks	2	1.50	3.00	-1.214	0.225
		Positive ranks	3	4.00	12.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	1	2.00	2.00	-1.483	0.138
		Positive ranks	4	3.25	13.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	3	4.00	12.00	-1.241	0.225
		Positive ranks	2	1.50	3.00		
		Ties	0				
		Total	5				

表 M-3 Wilcoxon signed rank test分析H3醫院真菌於早午晚時段之差異 (續)

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
EM	Morning - Afternoon	Negative ranks	3	3.67	11.00	-0.105	0.917
		Positive ranks	3	3.33	10.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	3	4.00	12.00	-1.214	0.225
		Positive ranks	2	1.50	3.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	3	3.00	9.00	-0.415	0.686
		Positive ranks	2	3.00	6.00		
		Ties	0				
		Total	5				
BR	Morning - Afternoon	Negative ranks	1	2.00	2.00	-1.095	0.273
		Positive ranks	3	2.67	8.00		
		Ties	0				
		Total	4				
	Morning - Evening	Negative ranks	2	3.00	6.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	3	3.00	9.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	2	1.50	3.00	0	1.000
		Positive ranks	1	3.00	3.00		
		Ties	1				
		Total	4				
DR	Morning - Afternoon	Negative ranks	2	4.50	9.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	3	2.00	6.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	4	2.50	10.00	-1.826	0.068
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	1				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	3	3.00	9.00	-1.461	0.144
		Positive ranks	1	1.00	1.00		
		Ties	1				
		Total	5				
OR	Morning - Afternoon	Negative ranks	1	1.00	1.00	-1.069	0.285
		Positive ranks	2	2.50	5.00		
		Ties	1				
		Total	4				
	Morning - Evening	Negative ranks	1	1.00	1.00	-1.069	0.285
		Positive ranks	2	2.50	5.00		
		Ties	1				
		Total	4				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	1	3.00	3.00	0	1.000
		Positive ranks	2	1.50	3.00		
		Ties	1				
		Total	4				

表 M-3 Wilcoxon signed rank test分析H3醫院真菌於早午晚時段之差異 (續)

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
GC	Morning - Afternoon	Negative ranks	2	4.00	8.00	-0.135	0.893
		Positive ranks	3	2.33	7.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	0	0	0	-2.023	0.043
		Positive ranks	5	3.00	15.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	1	1.00	1.00	-1.753	0.080
		Positive ranks	4	3.50	14.00		
		Ties	0				
		Total	5				
ICU	Morning - Afternoon	Negative ranks	3	3.00	9.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	2	3.00	6.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	3	3.00	9.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	2	3.00	6.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	2	3.00	6.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	3	3.00	9.00		
		Ties	0				
		Total	5				

表 M-4 Wilcoxon signed rank test 分析 H1 醫院細菌於早午晚時段之差異

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
Out	Morning - Afternoon	Negative ranks	4	3.50	14.00	-0.734	0.463
		Positive ranks	2	3.50	7.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	2	3.67	11.00	-0.944	0.345
		Positive ranks	3	2.00	4.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	3	3.00	9.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	2	3.00	6.00		
		Ties	0				
		Total	5				
HA	Morning - Afternoon	Negative ranks	2	4.50	9.00	-0.314	0.753
		Positive ranks	4	3.00	12.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	4	3.50	14.00	-1.753	0.080
		Positive ranks	1	1.00	1.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				
RE1	Morning - Afternoon	Negative ranks	2	5.50	11.00	-0.105	0.917
		Positive ranks	4	2.50	10.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				
RE2	Morning - Afternoon	Negative ranks	4	3.50	14.00	-1.753	0.080
		Positive ranks	1	1.00	1.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	4	2.50	10.00	-1.826	0.068
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	4				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	4	2.50	10.00	-1.826	0.068
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	4				

表 M-4 Wilcoxon signed rank test分析H1醫院細菌於早午晚時段之差異 (續)

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
EM	Morning - Afternoon	Negative ranks	3	3.33	10.00	-0.105	0.917
		Positive ranks	3	3.67	11.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	2	2.50	5.00	-0.674	0.500
		Positive ranks	3	3.33	10.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	3	3.00	9.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	2	3.00	6.00		
		Ties	0				
		Total	5				
OR	Morning - Afternoon	Negative ranks	2	2.50	5.00	-1.069	0.285
		Positive ranks	1	1.00	1.00		
		Ties	2				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	4	2.50	10.00	-1.826	0.068
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	1				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	2	3.00	6.00	-0.365	0.715
		Positive ranks	2	2.00	4.00		
		Ties	1				
		Total	5				
ICU	Morning - Afternoon	Negative ranks	3	3.33	10.00	-0.674	0.500
		Positive ranks	2	2.50	5.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	4	3.25	13.00	-1.483	0.138
		Positive ranks	1	2.00	2.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				
RCC	Morning - Afternoon	Negative ranks	3	3.00	9.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	2	3.00	6.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	4	3.25	13.00	-1.483	0.138
		Positive ranks	1	2.00	2.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	3	3.33	10.00	-0.674	0.500
		Positive ranks	2	2.50	5.00		
		Ties	0				
		Total	5				

表 M-4 Wilcoxon signed rank test分析H1醫院細菌於早午晚時段之差異 (續)

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
GS	Morning - Afternoon	Negative ranks	3	2.00	6.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	2	4.50	9.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	3	2.67	8.00	-0.135	0.893
		Positive ranks	2	3.50	7.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	2	4.50	6.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	3	2.00	9.00		
		Ties	0				
		Total	5				
FD	Lunch - Dinner	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	5	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				



表 M-5 Wilcoxon signed rank test 分析 H2 醫院細菌於早午晚時段之差異

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
OUT	Morning - Afternoon	Negative ranks	4	4.50	18.00	-1.572	0.116
		Positive ranks	2	1.50	3.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	4	4.00	16.00	-1.553	0.249
		Positive ranks	2	2.50	5.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	4	2.75	11.00	-0.105	0.917
		Positive ranks	2	5.00	10.00		
		Ties	0				
		Total	6				
S1	Morning - Afternoon	Negative ranks	2	3.00	6.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	3	3.00	9.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				
RE	Morning - Afternoon	Negative ranks	6	3.50	21.00	-2.201	0.028
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	6	3.50	21.00	-2.201	0.028
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	6				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	6	3.50	21.00	-2.207	0.027
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	6				
EM	Morning - Afternoon	Negative ranks	3	3.67	11.00	-0.105	0.917
		Positive ranks	3	3.33	10.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	4	3.00	12.00	-1.214	0.225
		Positive ranks	1	3.00	3.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				

表 M-5 Wilcoxon signed rank test分析H2醫院細菌於早午晚時段之差異 (續)

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
DM	Morning - Afternoon	Negative ranks	5	3.40	17.00	-1.363	0.173
		Positive ranks	1	4.00	4.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	6	3.50	21.00	-2.201	0.028
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	6				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	6	3.50	21.00	-2.201	0.028
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	6				
DS	Morning - Afternoon	Negative ranks	4	2.50	10.00	-0.674	0.500
		Positive ranks	1	5.00	5.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				
OR	Morning - Afternoon	Negative ranks	4	3.00	12.00	-1.214	0.225
		Positive ranks	1	3.00	3.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	3	3.33	10.00	-0.674	0.500
		Positive ranks	2	2.50	5.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	3	3.00	9.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	2	3.00	6.00		
		Ties	0				
		Total	5				
GS	Morning - Afternoon	Negative ranks	3	3.33	10.00	-0.674	0.500
		Positive ranks	2	2.50	5.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	4	3.25	13.00	-1.483	0.138
		Positive ranks	1	2.00	2.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	4	3.50	14.00	-1.753	0.080
		Positive ranks	1	1.00	1.00		
		Ties	0				
		Total	5				

表 M-5 Wilcoxon signed rank test分析H2醫院細菌於早午晚時段之差異 (續)

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
ICU	Morning - Afternoon	Negative ranks	4	2.75	11.00	-0.944	0.345
		Positive ranks	1	4.00	4.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	3	4.00	12.00	-1.214	0.225
		Positive ranks	2	1.50	3.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	2	3.00	6.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	3	3.00	9.00		
		Ties	0				
		Total	5				
SOUT	Morning - Afternoon	Negative ranks	1	3.00	3.00	-0.730	0.465
		Positive ranks	3	2.33	7.00		
		Ties	0				
		Total	4				
	Morning - Evening	Negative ranks	4	2.50	10.00	-1.826	0.068
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	4				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	4	2.50	10.00	-1.826	0.068
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	4				

表 M-6 Wilcoxon signed rank test 分析 H3 醫院細菌於早午晚時段之差異

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
OUT	Morning - Afternoon	Negative ranks	2	4.50	9.00	-0.314	0.753
		Positive ranks	4	3.00	12.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	6	3.50	21.00	-2.201	0.028
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	6				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	6	3.50	21.00	-2.201	0.028
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	6				
CC	Morning - Afternoon	Negative ranks	2	3.00	6.00	-0.943	0.345
		Positive ranks	4	3.75	15.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	4	3.75	15.00	-0.943	0.345
		Positive ranks	2	3.00	6.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	5	3.40	17.00	-1.363	0.173
		Positive ranks	1	4.00	4.00		
		Ties	0				
		Total	6				
RE	Morning - Afternoon	Negative ranks	2	1.50	3.00	-1.214	0.225
		Positive ranks	3	4.00	12.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	6	3.50	21.00	-2.201	0.028
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	6				
HE	Morning - Afternoon	Negative ranks	0	0	0	-2.023	0.043
		Positive ranks	5	3.00	15.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				

表 M-6 Wilcoxon signed rank test分析H3醫院細菌於早午晚時段之差異 (續)

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
EM	Morning - Afternoon	Negative ranks	1	5.00	5.00	-1.153	0.249
		Positive ranks	5	3.20	16.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				
BR	Morning - Afternoon	Negative ranks	2	4.50	9.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	3	2.00	6.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	2	3.50	7.00	-0.730	0.465
		Positive ranks	2	1.50	3.00		
		Ties	0				
		Total	4				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	2	2.00	4.00	-0.365	0.715
		Positive ranks	2	3.00	6.00		
		Ties	0				
		Total	4				
DR	Morning - Afternoon	Negative ranks	3	3.67	11.00	-0.944	0.345
		Positive ranks	2	2.00	4.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	5	3.00	15.00	-2.023	0.043
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	4	3.50	14.00	-1.753	0.080
		Positive ranks	1	1.00	1.00		
		Ties	0				
		Total	5				
OR	Morning - Afternoon	Negative ranks	4	2.50	10.00	-1.826	0.068
		Positive ranks	0	0	0		
		Ties	0				
		Total	4				
	Morning - Evening	Negative ranks	2	3.50	7.00	-0.730	0.465
		Positive ranks	2	1.50	3.00		
		Ties	0				
		Total	4				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	1	1.00	1.00	-1.461	0.144
		Positive ranks	3	3.00	9.00		
		Ties	0				
		Total	4				

表 M-6 Wilcoxon signed rank test分析H3醫院細菌於早午晚時段之差異 (續)

Location	Time interval		N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p-value
GC	Morning - Afternoon	Negative ranks	1	4.00	4.00	-1.363	0.173
		Positive ranks	5	3.40	17.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Morning - Evening	Negative ranks	1	1.00	1.00	-1.992	0.046
		Positive ranks	5	4.00	20.00		
		Ties	0				
		Total	6				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	1	2.00	2.00	-1.782	0.075
		Positive ranks	5	3.80	19.00		
		Ties	0				
		Total	6				
ICU	Morning - Afternoon	Negative ranks	3	3.00	9.00	-0.405	0.686
		Positive ranks	2	3.00	6.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Morning - Evening	Negative ranks	3	3.67	11.00	-0.944	0.345
		Positive ranks	2	2.00	4.00		
		Ties	0				
		Total	5				
	Afternoon - Evening	Negative ranks	3	3.67	11.00	-0.944	0.345
		Positive ranks	2	2.00	4.00		
		Ties	0				
		Total	5				