

《歷史臺灣：國立臺灣歷史博物館館刊》

第 23 期，頁 083-114，抽印本

博物館室內空氣品質調查初探： 以國立臺灣歷史博物館為例

蔡明峰

博物館室內空氣品質調查初探： 以國立臺灣歷史博物館為例

蔡明峰*

摘要

根據行政院環境保護署（以下簡稱行政院環保署）資料顯示，國人每天約有 80~90% 的時間處於室內環境中，因此室內空氣品質（Indoor Air Quality, IAQ）好壞與否，直接影響我們每一個人的健康及工作品質。隨著國內實行週休二日制度以來，由於民衆生活型態改變及重視休閒環境的氛圍，也使得博物館在現今休閒活動中扮演日益重要的角色，儼然成爲聚集觀衆、長久停留之場所，爲保障室內相關人員之身體健康，行政院環保署也列爲第二批室內空氣品質管制場所之一。

本研究將針對國立臺灣歷史博物館室內空間進行初步二氧化碳及甲醛之巡檢後，針對數值較高的場所執行二氧化碳（CO₂）、甲醛（HCHO）、細菌（Bacteria）及粒徑小於等於 10 微米（ μm ）之懸浮微粒（PM₁₀）進行空氣品質之監測，瞭解場所其污染特性數值及推測污染來源，並藉以提供博物館管理人員參考，及提出室內空氣品質改善措施建議。

* 國立臺灣歷史博物館秘書室研究助理

來稿日期：2021 年 9 月 23 日；通過刊登：2022 年 4 月 24 日。

經研究結果，雖發現國立臺灣歷史博物館室內空氣品質各時段檢測數據濃度值有明顯的差異，但顯示所有的測量參數都沒有超過「室內空氣品質標準」，符合法規的規定；另展場內甲醛主要污染源以裝修、裝潢等建材為主，建議以「源頭減量」及「通風換氣」來改善，而當展場內有污染源不斷地釋放甲醛時，即使通風良好也無法迅速的帶走污染物時，最好的方法是控制污染源使用量。

關鍵詞：室內空氣品質、臺史博、二氧化碳、甲醛

一、前言

根據行政院環境保護署（以下簡稱行政院環保署）資料顯示，國人每天約有 80 ~ 90% 的時間處於室內的環境中（包括在住家、辦公室或其他建築物內），因此室內空氣品質（Indoor Air Quality, IAQ）好壞與否，直接影響人體健康，而為了維持室內空間的舒適度，需藉由空調設備調節室內環境。目前國內室內空氣品質較嚴重的問題包括：室內通風不良造成二氧化碳濃度偏高、室內傢俱裝潢塗料含有機溶劑過多，造成揮發性有機污染物濃度偏高、臺灣係屬亞熱帶海島型氣候國家，相對濕度達 80% 以上，細菌及真菌二種生物性污染物易孳生。這些室內空氣品質問題對於經常處於室內的兒童、孕婦、老人和慢性病人等敏感族群愈形重要。

世界衛生組織（World Health Organization, WHO）的研究報告中指出，因為室內空氣污染而死於氣喘的人，全球每年有 10 萬人，其中有 35% 為兒童（臺南市政府環境保護局室內空氣品質資訊網）。另外，室外的污染物也是影響室內空氣品質的因素之一，包括戶外汽機車、工廠排放的廢氣，或是因中央空調冷氣系統的外氣進氣口或濾網未定期清理而孳生的微生物等，導致室內空氣品質間接或直接影響人體健康。現今世界各國如美國、新加坡、香港等國家，正推動室內空氣品質管制工作，多係先訂定空氣品質參考標準建議值，並由各目的事業主管機關依其主管法令納入管制，以有效管制室內空氣品質。因此近年來國內積極推廣改善室內空氣品質，於 94 年 12 月 30 日公告室內空氣品質建議值，並於 100 年 11 月 23 日制定《室內空氣品質管理法》（以下簡稱管理法），以維護國民健康。

依據該管理法第 6 條的規定，目前已經公布兩批納入管制的室內公共場所，其所影響的場所類型與範圍仍在持續擴大。而近年來隨著民衆生活型態改變及重視休閒環境的氛圍，也使得博物館為現今休閒活動扮演日益重要的角

色，儼然成爲聚集觀衆、長久停留之場所，爲行政院環保署公告第二批公告列管場所之一。雖然民衆在博物館所處時間平均約60至100分鐘左右（曾信傑，2017；趙廷鶴、辛治寧，2017），但逢國定假日時必定有大量人潮，空氣品質進而影響到民衆健康，所以能夠提升室內環境舒適度以進行活動是博物館必須的。有鑑於此，更須藉由空調設備之控制，來調節室內空氣品質之舒適度。民衆處於室內環境中，若室內空氣品質較差可能引發其自身不悅感或過敏反應，進而影響其觀展感受，並影響博物館的印象分數。

本文就以國立臺灣歷史博物館（以下簡稱臺史博）做爲研究對象，並以二氧化碳濃度做爲場所通風換氣是否良好之依據。另外，臺史博展館及特展布展會有裝潢整修之情形，因此甲醛檢測也做爲本研究之調查重點之一，藉由這些資料以及其相關影響因子，以期民衆在這些公共空間中能有良好空氣及品質環境。本研究利用科學儀器進行檢測驗證，在臺史博室內空間進行初步二氧化碳及甲醛之巡檢後，針對數值較高的場所執行二氧化碳（CO₂）、甲醛（HCHO）、細菌（Bacteria）及粒徑小於等於10微米（ μm ）之懸浮微粒（PM₁₀）進行空氣品質之監測，瞭解其場所污染特性數值及推測污染來源，並藉以提供博物館管理人員參考，及提出室內空氣品質改善措施建議。

二、文獻探討

（一）室內空氣品質

依據行政院環保署公告《室內空氣品質管理法》，室內環境被定義爲：供公衆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。而室內空氣品質（Indoor Air Quality, IAQ）是指：室內空氣污染物之濃度、空氣中之濕度及溫度，做爲評估使用者健康及舒適性之影響。

對於現代人的生活型態而言，長時間處於室內空間已經是一種慣性，相較於室外空氣品質，室內空氣品質的好壞可能更為重要，受到室內空氣污染物影響的機率比在室外高出許多，所以室內空氣污染物被認為是危害人體健康的主要來源（鄭安邑，2014），對此，室內空氣品質是近年來逐漸受到重視的議題。過去研究指出，室內通風不良可能會導致上呼吸道疾病、過敏、氣喘及支氣管炎等呼吸道疾病，長期處於室內空氣品質不良的地方，相對帶來的一些負面影響，可能會導致病態建築症候群（Sick Building Syndrome）的產生。「病態建築」一詞，由WHO在1983年所提出，早期研究發現在「空調型的辦公室建築」中使用人員有「病態建築症候群」的症狀發生，是指與建築物有關之非特異性症狀，包括：氣喘、過敏反應、咳嗽、打噴嚏等（翁煜翔，2017）。

（二）室內空氣污染物來源

目前國內室內空氣污染來源主要有室內燃燒產物、微生物及過敏原、裝潢材料散發出的甲醛及其他有機化合物、石棉纖維（翁煜翔，2017）：

1. 室內燃燒產物：

在一般的室內燃燒產物活動，多半在於廚房的瓦斯爐、煤油爐或烤箱等設備，經由燃燒木材、天然氣、瓦斯、煤油、蠟燭或其他類似物質，產生一氧化碳、二氧化氮、二氧化硫、含碳化合物、粒狀污染物等污染物。而吸菸主要會產生懸浮微粒、尼古丁、一氧化碳、二氧化碳、乙醛、丙酮、焦油及鈾 210（ ^{210}Po ）等超過兩千種致癌物質。

2. 微生物及過敏原：

濕度為微生物孳生的關鍵，如果室內使用增濕器、冷卻水塔，可能會導致室內存在藻類、真菌、黴菌、蟎類、花粉或昆蟲碎片等過敏原的機率提高。

3. 甲醛及其他揮發性有機化合物：

甲醛的來源包含了室內裝潢材料、家具、家飾品及絕緣用的泡棉，而通風不佳的燃燒及吸菸也會產生甲醛。此外，保養品、清潔用品、油漆及亮光漆都會導致含氮化合物、丙酮、氨、甲苯或是苯等揮發性有機化合物的產生。

4. 石綿纖維：

石綿是非常好的絕緣材料，大量使用在許多建材當中，如天花板、地板、管線絕緣材、混凝土、隔音隔熱材料等。在大部分情況下，石綿的暴露量仍算相當低，但石綿纖維老化後容易破碎逸散於室內空氣中，可能導致肺功能受損或致癌等問題。

另外，依據美國職業安全衛生協會（National Institute of Occupational Safety and Health）將室內空氣品質的問題歸納出來，室內污染物主要來源為外氣、室內人員、空調系統、建築材料、事務器具與用品及室內有機物質等六大來源，各污染源所產生之污染物於表1所示。

表1 室內環境中主要污染源彙整表

污染源		主要污染物	
外氣	固定污染物（工廠）	二氧化硫、氮氧化物、粉塵、一氧化碳、碳氫化合物、其他毒性化學物質	
	汽機車排放	一氧化碳、粉塵、氮氧化物、硫氧化物、碳氫化合物、鉛、氫氣、微生物（細菌、真菌）	
	地層、泥土	氫氣、微生物（細菌、真菌）	
室內人員	人體本身	二氧化碳、水蒸氣、臭味、微生物	
	一般人為活動	吸煙	粉塵、一氧化碳、二氧化碳、氨、氮氧化物、VOCs、PAHs
		使用噴霧劑	氟碳化合物、臭味、各種揮發性有機污染物
清潔	有機溶劑、臭味、各種揮發性有機污染物		
空調系統	空調箱	真菌、節肢動物過敏原、細菌、臭味	
	空調管	粉塵、纖維、真菌、節肢動物過敏原、細菌	

建築材料	混凝土、石材	氫氣
	無機礦物板、合板、地毯、家具	甲醛、各種揮發性有機污染物
	絕緣材質	甲醛、玻璃纖維
	隔熱、防火材質	石棉、各種揮發性有機污染物
事務器具與用品	燃燒器具	二氧化碳、一氧化碳、碳氧化物、碳氫化物、粉塵
	事務機器（影印機、清淨機、增濕器等）	臭氧、粉塵、細菌、真菌、VOCs
	其他	文具溶劑、殺菌劑、殺蟲劑、各種揮發性有機污染物
其他有機物質	腐壞食物	真菌、臭味
	植物花草	花粉、真菌
	排泄物	氨、動物性過敏原、細菌

資料來源：美國職業安全衛生協會資訊網（NIOSH）；翁煜翔，2017；本研究整理。

（三）二氧化碳濃度與人體健康之關係

大氣中二氧化碳（Carbon Dioxide，化學式： CO_2 ）是常見的化合物，含量約在0.03（300ppm）～0.04%（400ppm）之間。在清淨的室內環境中，二氧化碳濃度會接近大氣中之濃度。室內二氧化碳的來源主要來自於人類呼吸、吸煙及其他燃燒行為。在一般的公共空間中，室內二氧化碳濃度高低與室內人員密度及場所通風換氣相關，當室內通風換氣不良且人員密度較高時，室內二氧化碳濃度就會逐漸上升，代表通風換氣率愈差，亦代表污染物不易被移除；此外，二氧化碳濃度也常被用於初步表示室內其他污染物是否有嚴重累積之參考依據。因此，二氧化碳被視為室內空氣品質重要性指標，同時也是用來評量室內人員密度是否過高，以及換氣效率是否良好之重要指標。

江哲銘、林俊興等（1991）針對國人居住環境進行調查所得資料，敘述室內二氧化碳濃度與人體生理狀況的關係如表2。二氧化碳濃度在600ppm以下人員無不適的症狀，而1,000ppm以上則常有頭痛、昏睡及呼吸困難等症狀發生，嚴重則影響中樞神經，甚至危及生命。

當二氧化碳濃度過高時，除了會刺激呼吸中樞造成呼吸費力或困難等感覺，亦會產生頭痛、嗜睡、反射減退、倦怠等症狀，這種狀況不僅危害工作人員身體健康，還會使工作人員工作效率降低，嚴重影響生產效率（室內空氣品質網，2020）。

表2 二氧化碳濃度對人體影響

二氧化碳濃度 (ppm, 即百萬分之一)	人體生理狀況
≤ 600ppm	無
600 ~ 1,000ppm	頭痛、昏睡、悶熱
1,000 ~ 10,000ppm	呼吸、循環器官及大腦機能受影響
10,000 ~ 30,000ppm	呼吸加速、臉上有溫熱感
30,000 ~ 40,000ppm	耳鳴、頭痛及血壓升高
40,000 ~ 60,000ppm	皮膚血管擴張、噁心、嘔吐
70,000 ~ 80,000ppm	精神活動混亂、呼吸困難
80,000 ~ 100,000ppm	意識混濁、痙攣、呼吸停止
100,000 ~ 200,000ppm	中樞神經障礙、生命危險

資料來源：江哲銘、林俊興等，1991；本研究整理。

(四) 甲醛濃度與人體健康之關係

甲醛 (Formaldehyde, 化學式: HCHO) 為環保署毒性化合物列管對象之一，甲醛的物理性質，是一種無色透明的氣體，它具有強烈刺激性味道，由於尿素——甲醛大量且廣泛使用在製作木質合板、木質傢俱、隔板、礦纖天花板、黏著劑、清潔劑等材料中，而這些材料更是廣泛應用於建築裝潢裝修之中，因此甲醛是室內揮發性有機物質中最常見的逸散污染物。尤其在新裝潢的室內環境中，因建材在工廠生產或是在建築物施工及裝潢時，常常使用到有機溶劑做為原料或是含有甲醛的塗料或膠合劑。這些物質會於建築物裝潢完畢後漸漸逸散於室內空氣環境中，而使得甲醛污染愈趨嚴重。此外，二手煙、油漆和烹飪亦可能是室內的甲醛來源之一（翁煜翔，2017）。

甲醛進入人體途徑主要分為直接接觸與呼吸道吸入兩種，直接接觸於高

濃度的甲醛會引起皮膚變白、變硬、變粗糙，甚至使表皮壞死；甲醛對人體健康產生症狀如下：吸入23ppm 甲醛時，會產生喉嚨刺激、咳嗽；吸入10～20ppm 甲醛時，會呼吸困難，鼻、咽喉及氣管會有嚴重灼熱感造成咳嗽；吸入50～100ppm 甲醛時，會引起肺水腫、肺炎或死亡（陳重仁，2012）。黃倩芸、洪劍長、陳幸婷（1997）針對不同甲醛濃度暴露時間對人體健康影響的研究結果顯示，行政院環保署室內空氣品質管制甲醛建議限值0.08ppm的環境暴露數分鐘，即會影響人體大腦皮質官能狀態，甲醛濃度和暴露時間對人體健康之影響如表3。

表3 甲醛濃度和暴露時間對人體健康之影響

甲醛濃度 (ppm, 即百萬分之一)	暴露時間	人體健康效應
0.0082ppm	5分鐘	刺激眼睛
0.049～0.057ppm	數分鐘	氣味閾值
0.065ppm	數分鐘	視覺閾值
0.082ppm	數分鐘	影響大腦皮質官能狀態的閾值
0.196ppm	1小時	刺激眼睛、鼻子和喉嚨
0.245ppm	5小時	鼻子喉嚨感到乾燥且黏液減少流動
0.82ppm	1分鐘	改變大腦皮質的官能狀態
0.82ppm	10分鐘	刺激上呼吸道和眼睛，自主神經系統改變
1.39ppm	1分鐘	眼睛對光的敏感降低
4.08ppm	1分鐘	需戴呼吸器保護

資料來源：黃倩芸、洪劍長、陳幸婷，1997；本研究整理。

（五）其他室內空氣品質污染物

1. 一氧化碳

一氧化碳（Carbon monoxide，化學式：CO）為無色、無味、無臭、無刺激性及劇毒的無機氣體。室外空氣污染中的一氧化碳主要來自於交通工具排放的廢氣、工廠排放的廢氣等；室內一氧化碳的來源主要來自於吸煙及其他燃燒不完全的現象，例如香燭、瓦斯爐或熱水器滲漏。低濃度情況下便有毒，一氧化碳進入人體後比氧更容易被血液所吸收，破壞原本血液輸送氧氣的功能，與

血液之血紅素（Hb）結合，阻礙與氧氣結合，間接導致身體組織氧氣供應不足造成中毒現象（蔡昀臻，2015）。行政院環保署室內空氣品質管制規範值為9ppm，表4為一氧化碳對人體的危害層面。

表4 一氧化碳濃度和暴露時間對人體健康之影響

一氧化碳濃度 (ppm，即百萬分之一)	暴露時間	% COHb	對人體的影響
5ppm	20min	0.4 ~ 0.7	高次神經系的反射作用變化
30ppm	> 8hr	4	視覺、精神機能障礙
200ppm	2 ~ 4hr	10 ~ 18	前頭部感覺沉重、輕度的頭痛
500ppm	2 ~ 4hr	25 ~ 40	激烈頭痛、噁心、視力障礙、虛脫感
1,000ppm	2 ~ 3hr	45 ~ 50	脈搏亢進、痙攣、抽搐伴隨失神
2,000ppm	1 ~ 2hr	> 70	死亡
註：一氧化碳中毒之容許限度與濃度，依據吸入時間、作業強度、呼吸強度與個人體質差異而定，故較難設定容許強度。			

資料來源：李彥頤，2004；本研究整理。

2. 懸浮微粒

懸浮微粒係指飄浮在空氣中的微細顆粒，依其粒徑分布多可被分成粒徑小於10被分微粒（PM₁₀）及粒徑小於2.5小於微粒（PM_{2.5}）。在室內空間時懸浮微粒主要的來源來自燃燒行為（如二手煙、廚房油煙、焚香及燃燒蚊香）、塵蟎、室外交通源及室內裝修，因此只要是靠燃燒的菸草產品，都會產生具有嚴重危害的懸浮粒子。

懸浮微粒PM₁₀可以穿透細支氣管，部分可到達肺泡，而PM_{2.5}多數會滲透到肺泡內之氣體交換區域，小於100nm微粒更可穿過肺部影響到其他器官如氣管等，造成會阻害人體呼吸機能，而造成過敏性鼻炎、氣喘、慢性阻塞性肺疾等疾病（翁煜翔，2017）。不論長期或短期暴露在此環境下，皆會增加罹病及死亡風險。

3. 臭氧

臭氧（ O_3 ）是具有強烈刺激性的氣體，吸入過量對人體健康有一定危害，不但會刺激眼睛及呼吸道，造成咳嗽、胸部不適等症狀，對於本身患有氣喘及呼吸道疾病等敏感族群，則可能因臭氧刺激而加重其症狀。

室內臭氧主要源自事務機器（影印機、清淨機、增濕器等）以及臭氧殺菌機；室外臭氧主要來自光化反應所生成，因此室外也是室內的重要臭氧來源，特別是自然通風的空間中。此外，市面上許多以臭氧為殺菌原理的殺菌機，也可能是室內的臭氧貢獻源，而室外臭氧在中央空調系統環境中，仍可藉空調系統進入室內空間，且當室外臭氧濃度提高時，室內的臭氧和人員上呼吸道疾病、乾眼症、神經系統和頭痛的風險均提升（翁煜翔，2017），表5為臭氧濃度對人體的影響。

表5 臭氧濃度對人體健康之影響

臭氧濃度 (ppm, 即百萬分之一)	對人體的影響
0.1 ~ 0.6ppm	咳嗽、黏膜刺激
0.3 ~ 0.8ppm	喉嚨刺激
0.8 ~ 1.7ppm	嘴巴乾澀、胸悶、眼鼻黏膜刺激
0.94ppm	嚴重的黏膜刺激
> 0.94ppm	脈搏加快、頭痛、嗜睡

資料來源：李彥頤，2004；本研究整理。

4. 總揮發性有機物

室內建材是室內VOC主要來源之一，依據行政院環保署公布《揮發性有機物空氣污染管制及排放標準》之規定，揮發性有機物（VOCs）指在一大氣壓下，測量所得初始沸點在250°C以下有機化合物之空氣污染物總稱，就建材部分可分為濕式建材及乾式建材等，濕式建材包含建築物用材料（如填隙劑）、

油漆及表面塗料及建築材料附屬品（如地板用蠟），而乾式建材包含傢俱等，由此可知室內建材的使用是室內揮發性有機物主要逸散源（翁煜翔，2017）。

由於現代人大部分時間都待在家裡或辦公室，新傢俱、裝潢及辦公設備（如影印機）多逸散高濃度VOCs，若長期暴露於VOCs環境下，易致病態建築症候群，辦公室內VOCs的芳香化合物「苯」，加上香煙煙霧，吸煙者較非吸煙者致癌風險高出10倍，良好的通風和空調系統，對減少室內環境VOCs有幫助（翁煜翔，2017）。

總揮發性有機物的特點是種類繁多且成分非常複雜，低劑量釋放，長期暴露對身體造成傷害。此外，吸煙、室外工廠廢氣、汽機車排放廢氣也是影響室內VOCs濃度的主要因素之一（蔡昀臻，2015）。

5. 真菌、細菌

生物氣膠是指一種具有生物性的顆粒，如病毒、細菌、內毒素、真菌、阿米巴變形蟲、藻類、微小的蟲子、花粉等，其中真菌與細菌為室內常見的生物性污染物。真菌為一種具有細胞核、核膜及膜狀胞器的生物體，如黴菌是真菌的一種，易於室內潮濕環境的區域及材質中生長，真菌孢子會造成人體過敏，尤其是春天及夏天最為嚴重；細菌則不具有細胞核、核膜及膜狀胞器，一般細菌在空氣中會是一細胞或凝聚成團狀，若進入人體肺部深處，可能會累積在肺泡中引起感染、過敏及毒性反應等症狀，甚至暴露於高濃度細菌環境中會造成癌症；兩者粒徑可從1～100 μm 可不等。

（六）認識病態建築（Sick Building Syndrome）

近年來，隨著民衆生活愈來愈舒適，在室內的時間也愈來愈長，空調設備使用率也隨之提高，改變了人的生活型態，當然也相對帶來一些負面影響。

「病態建築症候群」一詞最早在1983年由「世界衛生組織」（World Health Organization，WHO）提出，一開始研究發現在「空調型的辦公室建築」中的

使用人員有「病態建築症候群」症狀發生，是指與建築物有關之非特異性症狀，包括氣喘、過敏反應、咳嗽、打噴嚏等，依症狀之表現可將病態建築症候群大致分為五類：

1. 黏膜刺激相關症狀，如：眼睛乾或癢、喉嚨乾或痛等。
2. 皮膚刺激相關症狀，如：皮膚乾或癢、皮膚發紅等。
3. 神經毒性相關症狀，如：頭痛、注意力不集中、昏睡等。
4. 非特異性之症狀，如：鼻塞、流鼻水、類似氣喘之症狀等。
5. 嗅覺與味覺之不適（社團法人台灣病態建築診斷協會資訊網）。

有趣之處在於病症特徵是當人員進入病態建築後才會發生症狀，休假或離開該空間一段時間時，其症狀即會減輕或消失。造成這些症狀產生之原因廣泛，為「多重致病原」，包含建築設計、室內污染源與行為、心理因素、個人工作因素等，也與建築物之室內物理性、化學性或生物性之危害相關，如微生物、揮發性有機化合物（VOCs）、二氧化碳（CO₂）、光線及溫度等（Otten & Burge, 1999）。

另外根據世界衛生組織（WHO）的估計，大約30%「新建或重新改建」的建築物有「病態建築症候群」（SBS）的問題，而這類有「病態建築症候群」的建築大樓中，約有10～30%員工罹患病態建築症候群，長期影響使用者之「健康」及「工作效率」。目前引起病態建築症候群的原因尚未定義清楚，在美國環保署（US.EPA, 1991）之研究，大致可分為下列幾項原因：

1. 不充分的通風換氣。
2. 來自室內污染來源的化學物質。
3. 來自室外污染來源的化學物質。
4. 生物性污染（社團法人台灣病態建築診斷協會資訊網）。

大部分病態建築症狀的發生，都是與室內建築材料、建築通風設計、機械空調通風設備、人員及設備機具有關，當上述這些污染物來源進入建築物室內使用後，會長期影響居住者的生理健康，增加額外的醫療成本支出（社團法人台灣病態建築診斷協會資訊網）。

因此，為了改善室內空氣品質，以維護國民健康，行政院環境保護署於2012年11月23日環署空字第1010106229號令訂定發布「室內空氣品質標準」，主要室內空氣品質各項內容其中包括甲醛、二氧化碳、粉塵及菌類等，規範中各項目之建議值或舒適範圍詳述如表6。並於行政院環保署於2014年1月23日訂定公告「應符合室內空氣品質管理法之第一批公告場所」，凡公私場所之公眾聚集量、進出量、室內空氣污染物危害風險程度及場所之特殊需求，應做為受管理之對象，同年7月1日起，列管公告場所應依法辦理室內空氣品質維護管理工作，12月31日必須訂定室內空氣品質維護管理計畫，於2015年6月30日前實施定期室內空氣品質檢驗測定，並且公布檢驗測定結果及做成紀錄；另外，在2017年更進一步公告第二批公告所場所，同樣地要求在第二批公告所場所的所有人、管理人與使用人，在1年內完成管理計畫、檢驗測定與記錄等工作。

截至目前為止，2014年公告第一批納管場所，主要包括大專院校、圖書館、醫療機構所在場所、社會福利機構所在場所、政府機關辦公場所、鐵路運輸業車站、民用航空站、大眾捷運系統運輸業車站、展覽室及會議廳、商場等10類型，2017年所公告者則是新增博物館及美術館、金融機構營業場所、表演廳、電影院、視聽歌唱業場所及運動健身等6類型場所，共有940處納管。

表6 室內空氣品質標準

項次	項目	建議值		單位
1	二氧化碳 (CO ₂)	8小時值	1000	ppm
2	一氧化碳 (CO)	8小時值	9	ppm

3	甲醛 (HCHO)	1小時值	0.08	ppm
4	總揮發性有機化合物 (TVOC)	1小時值	0.56	ppm
5	細菌 (Bacteria)	最高值	1,500	CFU/m ³
6	真菌 (Fungi)	最高值	1,000	CFU/m ³
7	懸浮微粒 (PM ₁₀)	24小時值	75	μg/m ³
8	懸浮微粒 (PM _{2.5})	24小時值	35	μg/m ³
9	臭氧 (O ₃)	8小時值	0.06	ppm
<p>(1) 1小時值：指1小時內各測值之算術平均值，或1小時累計採樣之測值。</p> <p>(2) 8小時值：指連續8小時各測值之算術平均值，或8小時累計採樣之測值。</p> <p>(3) 24小時值：指連續24小時各測值之算術平均值，或24小時累計採樣之測值。</p> <p>(4) 最高值：指依中央主管機關公告之檢測方法，所規範採樣方法之採樣分析值。</p> <p>(5) 總揮發性有機化合物 (TVOC，包含12種揮發性有機物之總和)：指總揮發性有機化合物之標準值係採計苯 (Benzene)、四氯化碳 (Carbon tetrachloride)、氯仿 (三氯甲烷) (Chloroform)、1,2-二氯苯 (1,2-Dichlorobenzene)、1,4-二氯苯 (1,4-Dichlorobenzene)、二氯甲烷 (Dichloromethane)、乙苯 (Ethyl Benzene)、苯乙烯 (Styrene)、四氯乙烯 (Tetrachloroethylene)、三氯乙烯 (Trichloroethylene)、甲苯 (Toluene) 及二甲苯 (對、間、鄰) (Xylenes) 等十二種化合物之濃度測值總和者。</p> <p>(6) 真菌濃度室內外比值：指室內真菌濃度除以室外真菌濃度之比值，其室內及室外之採樣相對位置，應依室內空氣品質檢驗測定管理辦法規定辦理。</p>				

資料來源：行政院環保署「室內空氣品質標準」；本研究整理。

三、研究方法

(一) 研究對象

本研究以臺史博做為研究對象，針對行政院環保署室內空氣品質法公告第二批場所之博物館（指中央政府、直轄市政府、縣〔市〕政府所設立之公立博物館、美術館，且其營運〔業〕樓地板面積達二千平方公尺以上者）為主要檢測對象，進行全面巡檢，除了可以初步瞭解目前公告場所二氧化碳及甲醛數值外，並瞭解場所目前情形與建置相關基本資料。檢測結果，針對數值較高的場所執行二氧化碳 (CO₂)、甲醛 (HCHO)、細菌 (Bacteria) 及粒徑小於等於10微米 (μ粒) 之懸浮微粒 (PM₁₀) 進行空氣品質之監測，各項工作項目皆詳細調查可能影響室內空品之因子，並把現場情形調查一一列出，以瞭解場所更詳細之數據。

(二) 檢測規劃及方式

巡檢步驟如圖1所示，確認訪查場所並告知場所需準備相關建築物之資料，包含總樓地板面積、現場平面圖。現場調查時劃分該場所之管制區域，並依照管制區域大小決定巡檢點數量，以平面圖先以布點，巡檢點數依照《室內空氣品質檢驗測定管理辦法》第5條規定執行如表7，進行室內空間初步二氧化碳及甲醛之巡檢後，記錄檢測之數值，針對數值較高的場所依行政院環保署公告管制項目執行二氧化碳（CO₂）、甲醛（HCHO）、細菌（Bacteria）及粒徑小於等於10微米（ μ 粒）之懸浮微粒（PM₁₀）進行空氣品質之監測，如有缺失或檢測超出室內空品建議值之情形，將提出改善之建議供參考。

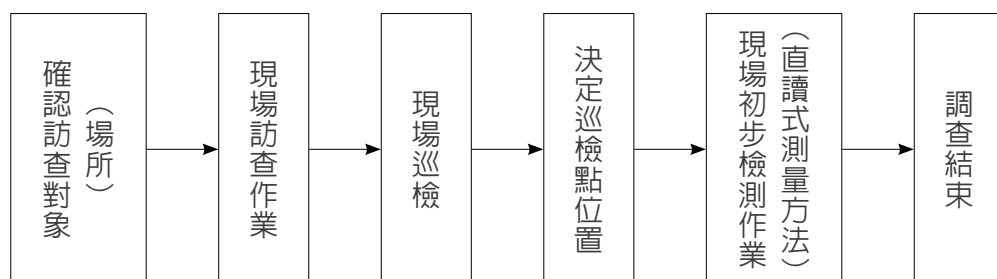


圖1 巡查檢驗執行流程圖

表7 巡查檢驗應布巡檢點之數目


室內樓地板面積	巡檢點數
≤ 2,000 平方公尺	巡檢點數目至少 5 點
2,000 ~ 5,000 平方公尺	以室內樓地板面積每增加 400 平方公尺應增加 1 點，累進統計巡檢點數目；或以巡檢點數目至少 10 點
5,000 ~ 15,000 平方公尺	以室內樓地板面積每增加 500 平方公尺應增加 1 點，累進統計巡檢點數目；或以巡檢點數目至少 25 點
15,000 ~ 30,000 平方公尺	以室內樓地板面積每增加 625 平方公尺應增加 1 點，累進統計巡檢點數目，且累進統計巡檢點數目不得少於 25 點；或以巡檢點數目至少 40 點
≥ 30,000 平方公尺	以室內樓地板面積每增加 900 平方公尺應增加 1 點，累進統計巡檢點數目，且累進統計巡檢點數目不得少於 40 點

資料來源：《室內空氣品質檢驗測定管理辦法》；本研究整理。

（三）直讀式儀器檢測

簡易式直讀儀主要用途為日常巡檢之篩檢工具，最主要使用原因為反應時間短，能以最快的速度瞭解該場所室內空氣品質基本濃度及數值，以利後續做為標準方法之依據。執行巡檢作業時使用之簡易式直讀儀包括二氧化碳（CO₂）、甲醛（HCHO），如表8所示。彙整本研究之簡易式直讀儀之測量範圍、準確度、解析度、儀器廠牌、取樣方式及反應時間，如表8所示。

表8 簡易直讀式儀器基本資料表

項次	二氧化碳（CO ₂ ）	甲醛（HCHO）
儀器廠牌	TENMARS ST-501 S/N：170 305097	TENMARS TM-802 S/N：1707 03215
取樣模式	非散發性紅外線	使用高精度電化學式感應器
量測範圍	0 ~ 9,999ppm (2,001 ~ 9,999ppm over range)	0 ~ 2,000ppm
解析度	±1ppm	0.01ppm (mg/m ³)
準確度	±60ppm, ±5% of reading (0 ~ 2,000ppm)	5%
反應時間	2seconds	30seconds
巡檢用簡易直讀儀		

（四）室內空氣品質巡檢佈點原則

依現場調查時劃分臺史博展示教育大樓場所之管制區域，包括1樓管制空間面積約2,420m²，計7個巡檢點（如圖2）；2樓管制空間面積約3,850m²，計10個巡檢點（如圖3）；4樓管制空間面積約2,000m²，計5個巡檢點（如圖4），巡檢點之選擇，主要依室內空氣品質巡檢布點原則執行：（資料來源：行政院環境保護署室內空氣品質維護管理專責人員訓練教材）

1. 依機械通風之管線分配為考量

- (1) 配合空調管線及空間配置圖來選取巡檢點。
- (2) 工作人員密度高，操作人員抱怨處以及使用頻率較高的地方為優先考量。
- (3) 位於隔間或距離隔間或牆角太近，或與裝置設備重疊時，則去除該巡檢點。
- (4) 建議包含其外氣入口及空調管線末端區域之巡檢點。

2. 依空間分配為考量

- (1) 面積分布（平均）之方式來選取合適之巡檢點。
- (2) 以工作人員密度高，操作人員抱怨處以及使用頻率較高的地方為優先考量。
- (3) 應避免位於隔間或距離隔間或牆角太近，或與裝置設備重疊處。
- (4) 每一單位空間的巡檢點建議包含其外氣入口。

3. 其他注意事項

- (1) 以人員使用的空間為主，避免走廊、茶水間、電梯等人員短暫停留地方。
- (2) 以不干擾及影響原本空間工作活動為主，或阻塞緊急通道出口。
- (3) 距離空間內之牆壁、門、窗戶及其他垂直表面（如書櫃）至少0.5公尺以上。
- (4) 避免放置於空調出風口正下（前）方、吊扇等可能影響採樣器氣流流向之位置。
- (5) 不宜放在陽光直接照射的地方。
- (6) 距離局部污染源如影印機、印表機、吸菸人員等區域至少1公尺以上。
- (7) 採樣器之採樣口的架設高度應離地面1.2～1.5公尺，大多數人員站立或坐時的呼吸帶高度。

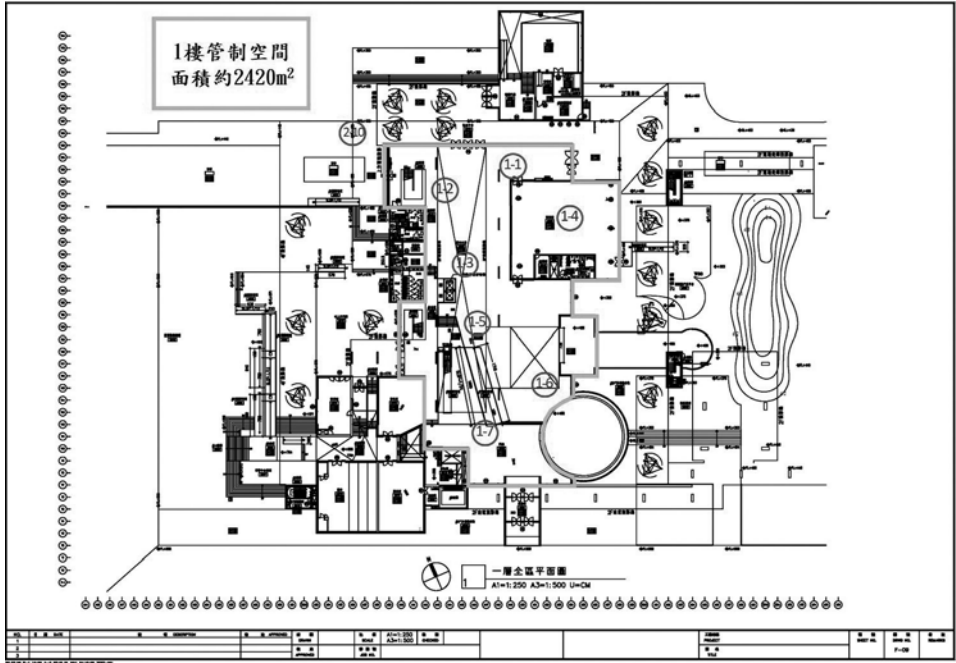


圖2 1樓管制空間巡查點位置圖

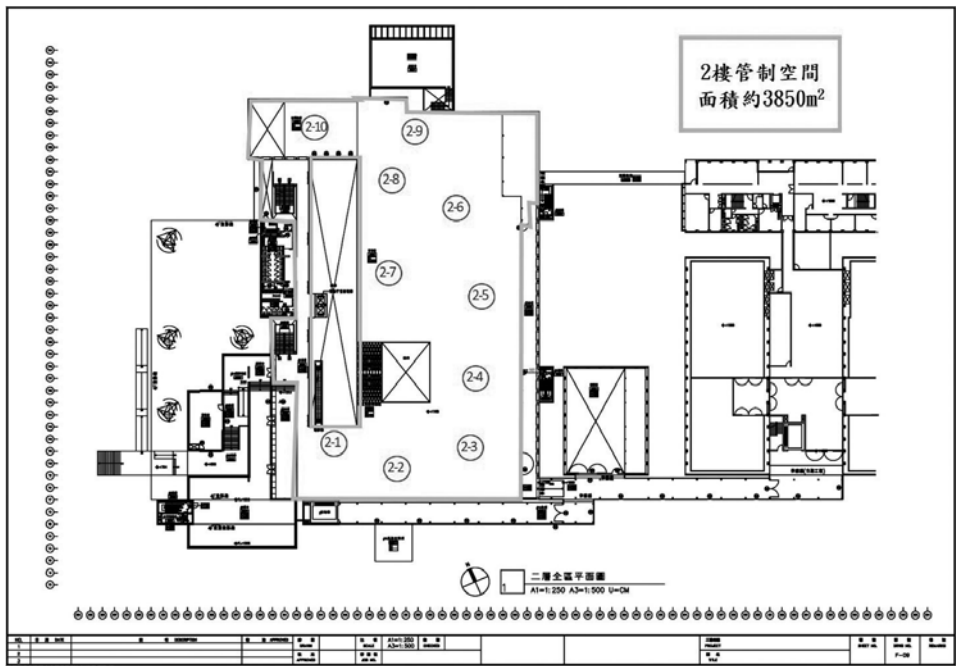


圖3 2樓管制空間巡查點位置圖

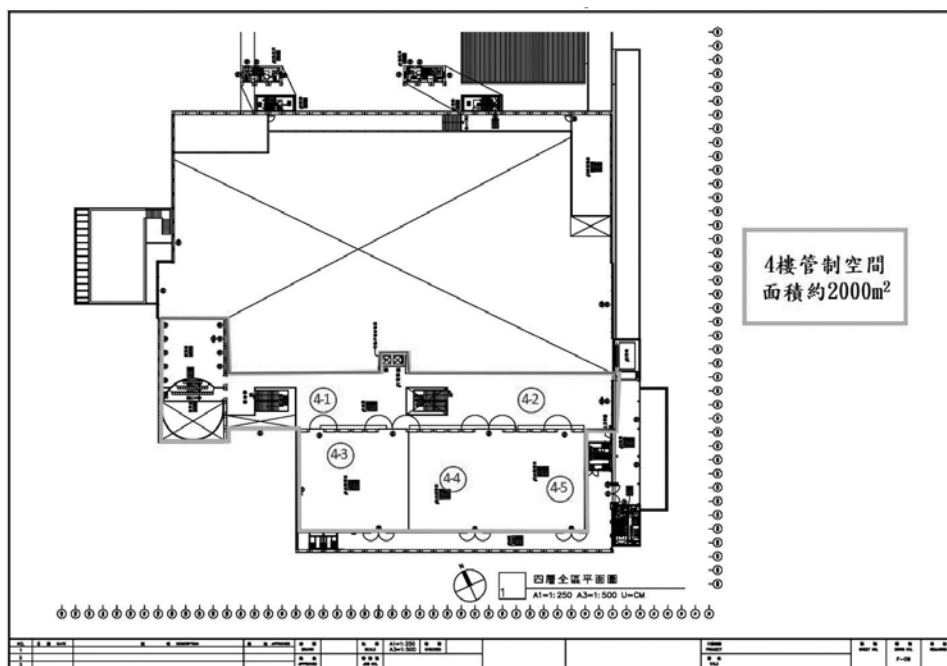


圖4 4樓管制空間巡查點位置圖

四、結果與討論

(一) 室內空氣污染物逐時濃度現況分析

本研究針對臺史博展示教育大樓，以簡易直讀式儀器進行室內空氣品質巡查檢測，檢測項目有二氧化碳（CO₂）、甲醛（HCHO），由簡易直讀式儀器檢測後，其結果分別說明如下：

1. 二氧化碳結果分析

二氧化碳被視為室內外通風是否良好之重要指標，分別於108年2月10日、2月15日、2月24日及2月28日進行巡查檢測，根據檢測數據二氧化碳濃度並沒有特別偏高，只有部分測點有較高之情形如圖5。臺史博展示教育大樓內部因裝有空調關係，門窗皆於緊閉狀態，只能使用空調系統引入外氣，二氧

化碳平均濃度約落於463 ~ 669ppm，各巡查點又以兒童廳（1-4）及4樓走廊（4-2）位置較其他巡查點高，雖有空調系統引入外氣，但明顯換氣率不足，導致室內二氧化碳濃度相對較高。

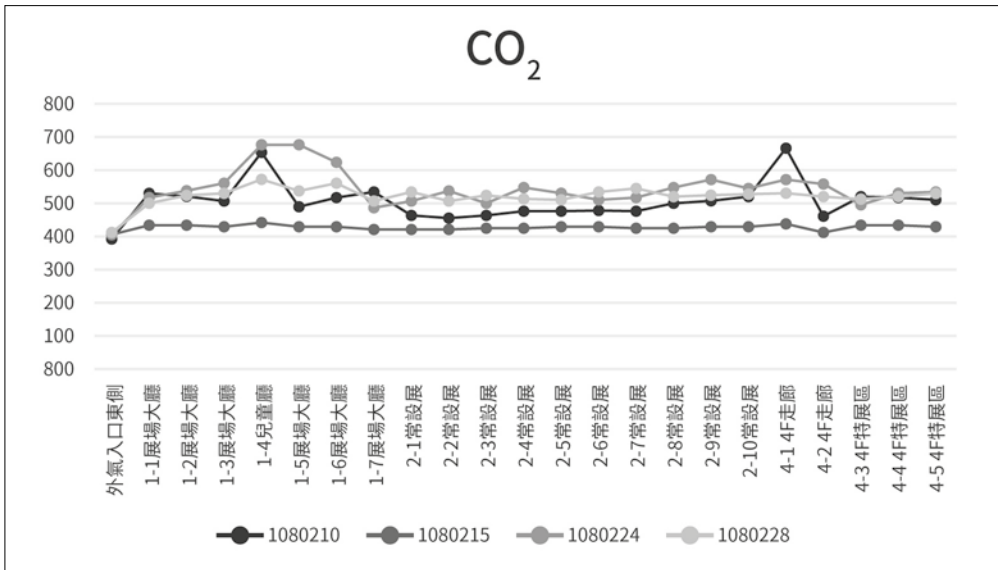


圖5 臺史博室內場所CO₂濃度圖

2. 甲醛結果分析

經108年2月10日、2月15日、2月24日及2月28日進行巡查檢測，結果顯示2月24日檢測變化幅度比較大，有高達4處接近標準濃度0.08ppm，其餘檢測甲醛平均濃度約落於0.01 ~ 0.04ppm，而2月24日擁有較高的甲醛濃度變化，當天巡檢時該場所剛完成卸展及清潔的關係，導致某幾個巡檢點有較高的甲醛濃度。而展場內又以中央空調系統為主，無適度引入外氣，導致影響全區所造成空氣品質變化較大，污染源原因除了特展區布、卸展裝潢及清潔外，原常設展及兒童廳內具有豐富有趣的場景，擁有較高的甲醛濃度，疑似製作時有使用甲醛之貼合劑，皆有可能為甲醛污染的來源。

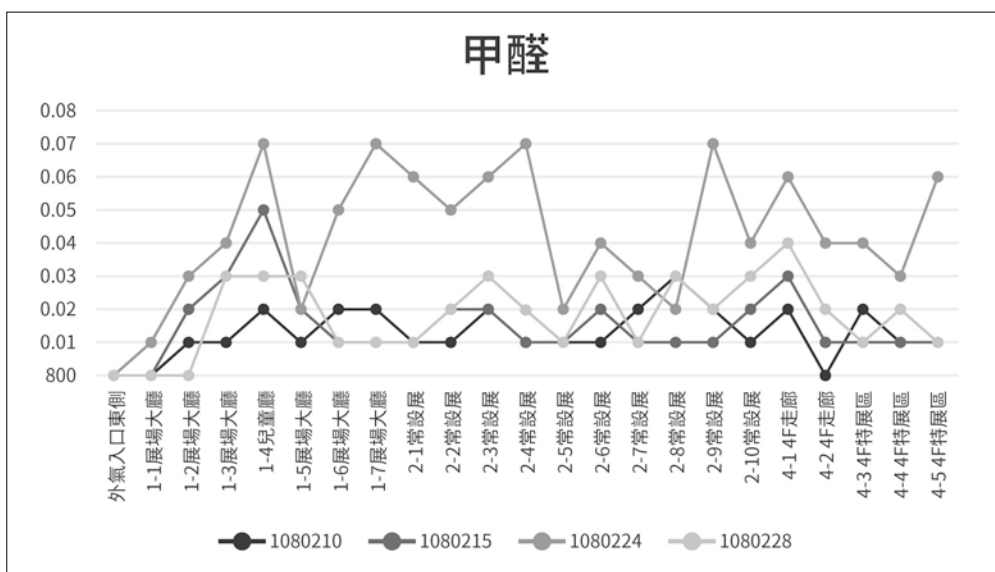


圖6 臺史博室內場所甲醛濃度圖

(二) 室內空氣品質公告標準方法監測

依《室內空氣品質管理法》採樣點數目規定，除細菌及真菌室內空氣污染物之定期檢測外，室內空氣污染物採樣點之位置須依巡查檢驗結果，優先依濃度較高巡檢點依序擇定之。前項室內空氣污染物採樣點之數目應符合如表9規定：

表9 室內空氣污染物採樣點之數目

二氧化碳 (CO ₂)、一氧化碳 (CO)、甲醛 (HCHO)、總揮發性有機化合物 (TVOC)、粒徑小於等於10微米 (徑小於之懸浮微粒 [PM ₁₀]、粒徑小於等於2.5微米 [μm] 之懸浮微粒 [PM _{2.5}])、臭氧 (O ₃)	
室內樓地板面積	採樣點數
≤ 5,000 平方公尺	採樣點數目至少 1 個
5,000 ~ 15,000 平方公尺	採樣點數目至少 2 個
15,000 ~ 30,000 平方公尺	採樣點數目至少 3 個
> 30,000 平方公尺	採樣點數目至少 4 個
細菌 (Bacteria) 及真菌 (Fungi)	
每 1,000 平方公尺 (含未滿)	採應採集一點
> 2,000 平方公尺之單一無隔間室內空間者	得減半計算採樣點數目，且減半計算數目後不得少於 2 點

資料來源：室內空氣品質檢驗測定管理辦法；本研究整理。

本研究以簡易直讀式儀器進行臺史博室內空氣品質巡查檢測後，依照巡檢之結果，將針對二氧化碳（CO₂）、甲醛（HCHO）數值較高之室內空間為第1-4檢查點（兒童廳）及第4-1檢查點（4F走廊），當做為公告標準檢驗方法之採樣地點；並依《室內空氣品質管理法》之管制空氣污染物項目規定（如表10），監測項目包括二氧化碳（CO₂）、甲醛（HCHO）、細菌（Bacteria）及粒徑小於等於10微米（ μ 粒）之懸浮微粒（PM₁₀）共4項，經檢測結果（如表11）。

表10 博物館公告類別之管制空間及管制空氣污染物項目

場所公告類別 (本法依據)	管制室內空間	管制室內空氣污染物項目
博物館、美術館 (本法第6條第3款)	館區之各幢(棟)建築物室內空間，以服務民衆觀賞陳列展示室及入口服務大廳為限，但不含位於以上室內空間之餐飲區、視聽室及資訊室	1. 二氧化碳 (CO ₂) 2. 甲醛 (HCHO) 3. 細菌 (Bacteria) 4. 粒徑小於等於10微米 (徑小於之懸浮微粒 [PM ₁₀])

	
說明：室內空氣品質檢測 (CO ₂ 、PM ₁₀) 日期：2019/03/14 ~ 2019/03/15 地點：1F 兒童廳 (#1)	說明：室內空氣品質檢測 (CO ₂ 、PM ₁₀) 日期：2019/03/14 ~ 2019/03/15 地點：1F 兒童廳 (#1)
	
說明：室內空氣品質檢測 (甲醛) 日期：2019/03/15 地點：1F 兒童廳 (#1)	說明：室內空氣品質檢測 (細菌) 日期：2019/03/15 地點：1F 兒童廳 (#1)



說明：室內空氣品質檢測 (CO₂、PM₁₀)
日期：2019/03/15
地點：4F 第二特展室前走廊 (#2)



說明：室內空氣品質檢測 (CO₂、PM₁₀)
日期：2019/03/15
地點：4F 第二特展室前走廊 (#2)



說明：室內空氣品質檢測 (甲醛)
日期：2019/03/15
地點：4F 第二特展室前走廊 (#2)



說明：室內空氣品質檢測 (細菌)
日期：2019/03/15
地點：4F 第二特展室前走廊 (#2)



說明：室內空氣品質檢測 (細菌)
日期：2019/03/15
地點：1F 大廳走道 (#3)



說明：室內空氣品質檢測 (細菌)
日期：2019/03/15
地點：1F 展場大廳 (#4)

	
<p>說明：室內空氣品質檢測（細菌） 日期：2019/03/15 地點：4F 第二特展室（#5）</p>	<p>說明：室內空氣品質檢測（細菌） 日期：2019/03/15 地點：4F 第一特展室北側（#6）</p>
	
<p>說明：室內空氣品質檢測（細菌） 日期：2019/03/15 地點：4F 第一特展室南側（#7）</p>	<p>說明：室內空氣品質檢測（細菌） 日期：2019/03/15 地點：2F 常設展區南側（#8）</p>
	
<p>說明：室內空氣品質檢測（細菌） 日期：2019/03/15 地點：2F 常設展區東側（#9）</p>	<p>說明：室內空氣品質檢測（細菌） 日期：2019/03/15 地點：2F 常設展區北側（#10）</p>

圖7 管制空氣污染物項目採樣照片

表11 管制空氣污染物項目檢測結果

場所名稱	監測項目							
	CO ₂ (ppm) 8小時值		甲醛 (ppm) 1小時值		細菌 (CFU/m ³) 最高值		PM ₁₀ (ug/m ³) 24小時值	
	實測	標準	實測	標準	實測	標準	實測	標準
1-4 兒童廳	573	1,000	0.05	0.08	147	1,500	25	75
4-1 4F 走廊	557	1,000	0.01	0.08	147	1,500	29	75

資料來源：國立臺灣歷史博物館提供；本研究整理。

表12 CO₂及PM₁₀逐時數據

監測日期	檢測時間	CO ₂ (ppm)	PM ₁₀ (μg/m ³)
2019/03/14 1F 兒童廳	18:00	—	32
	19:00	—	32
	20:00	—	35
	21:00	—	34
	22:00	—	34
	23:00	—	34
	00:00	—	33
2019/03/15 1F 兒童廳	01:00	—	33
	02:00	—	25
	03:00	—	29
	04:00	—	26
	05:00	—	24
	06:00	—	30
	07:00	—	21
	08:00	—	21
	09:00	—	24
	10:00	509	26
	11:00	561	16
	12:00	648	16
	13:00	599	16
	14:00	573	11
15:00	569	17	
16:00	564	16	
17:00	562	18	

資料來源：國立臺灣歷史博物館提供；本研究整理。

表13 CO₂及PM₁₀逐時數據

監測日期	檢測時間	CO ₂ (ppm)	PM ₁₀ (μg/m ³)
2019/03/14 4F第二特展室 前走廊	18:00	—	26
	19:00	—	30
	20:00	—	27
	21:00	—	28
	22:00	—	31
	23:00	—	38
	00:00	—	37
2019/03/15 4F第二特展室 前走廊	01:00	—	39
	02:00	—	32
	03:00	—	36
	04:00	—	29
	05:00	—	35
	06:00	—	36
	07:00	—	29
	08:00	—	27
	09:00	—	29
	10:00	511	28
	11:00	606	33
	12:00	605	28
	13:00	571	20
	14:00	554	22
	15:00	548	18
	16:00	535	20
	17:00	529	23

資料來源：國立臺灣歷史博物館提供；本研究整理。

表14 管制空氣污染物項目細菌檢測結果

場所名稱	細菌 (CFU/m ³)	
	實測值	標準值
1-4 兒童廳	147	1,500
1-5 展場大廳	118	1,500
1-7 展場大廳	135	1,500
2-2 常設展	127	1,500
2-5 常設展	59	1,500
2-9 常設展	53	1,500
4-3 4F特展區	77	1,500
4-4 4F特展區	118	1,500
4-5 4F特展區	71	1,500

資料來源：國立臺灣歷史博物館提供；本研究整理。

（三）二氧化碳濃度 8 小時監測結果

根據檢測數據之結果，1F 兒童廳場所二氧化碳濃度範圍為 509 ~ 648ppm 之間，平均濃度落於 573ppm，而甲醛濃度為 0.05ppm、細菌 147CFU/m³、PM₁₀ 為 11 ~ 35 ug/m³，均符合環保署室內空氣品質標準。

而從每小時二氧化碳濃度監測顯示（如表 12），發現早上二氧化碳濃度落在 509 ~ 648ppm 之間，相對於巡檢紀錄外氣二氧化碳濃度約 399 ~ 412ppm 之間，以兒童廳區位來看是偏高的情形，原因是因為開館前兒童廳對外門窗緊閉，且空調、通風換氣設備皆尚未開啓，待到了 10：00 左右，此時設備開啓時二氧化碳濃度漸漸地下降，接近中午時人潮明顯出來，二氧化碳濃度也隨之提高，閉館之後人潮逐漸減少二氧化碳濃度也隨之下降。

另 4F 第二特展室前走廊場所二氧化碳濃度範圍為 511 ~ 606ppm 之間，平均濃度落於 557ppm，而甲醛濃度為 0.01ppm、細菌 147CFU/m³、PM₁₀ 為 18 ~ 39ug/m³ 均符合環保署室內空氣品質標準。而從每小時二氧化碳濃度監測顯示（如表 13），發現二氧化碳濃度在逐時數據上大部分略低於兒童廳，原因是空調、通風換氣設備位置關係，檢測點位於 4F 大挑空間區，受下風處所形成之循環回流影響，二氧化碳濃度略低，接近中午時因為人潮明顯出來，挑空區域二氧化碳濃度也隨之提高，到了閉館人潮逐漸減少，二氧化碳濃度也隨之下降。

綜合上述所說，通風換氣設備以及人潮多寡是改變二氧化碳濃度相當重要的因素。

（四）甲醛濃度 1 小時監測結果

甲醛是最常見的室內空氣污染毒物，約有三千多種不同建築物的產品均含

有甲醛，主要來源為纖維板、三夾板、隔音板、保麗龍等裝潢材料，所逸散出來之污染物質。一般市售的強力去污劑大多數也含有高濃度的甲醛。經檢測結果，其濃度平均最高為 $0.05\text{ppm} < 0.08\text{ppm}$ 符合環保署標準。

（五）空氣中懸浮微粒 PM_{10} 24 小時監測結果

懸浮微粒在室內空間時，主要的來源來自燃燒行為（如二手煙、廚房油煙、焚香及燃燒蚊香）、塵蟎、室外交通源及室內裝修，此外也會藉由門、窗、建築物縫隙傳輸進入室內，或是被人們帶進室內。依據表 12、13 監測結果顯示說明，並以環保署室內空氣品質標準值（ $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）為基準，臺史博室內懸浮微粒 PM_{10} 為 $11 \sim 39\mu\text{g}/\text{m}^3$ 範圍，雖然符合規定，但發現閉館時間室內懸浮微粒 PM_{10} 皆有明顯上升趨勢，原因可能是因為閉館後大廳大門關閉，且大廳挑高 17 米的高度，空調系統是關閉的，所以觀眾鞋底的粒狀物因無空調運轉無法順利帶出，所以粉塵沉積於大廳內，待開館後有人員進出，濃度才開始趨緩，也突顯該場所空調設備之濾網可能未做好清潔，進而導致懸浮微粒增加。

綜合上述所說，空調設備之濾網清潔以及人潮走動，是對於空中懸浮微粒濃度具相關性的影響因素。

（六）細菌結果分析

經檢測結果，細菌數值大約落在 $53 \sim 147\text{CFU}/\text{m}^3$ ，符合環保署室內空氣品質標準值 $1,500\text{CFU}/\text{m}^3$ 以下規定，而從細菌檢測顯示（如表 14），發現室內細菌檢測濃度以 1 樓兒童廳數值較高，原因可能是兒童廳進出活動參觀人數較多所產生的影響，除此之外，兒童廳空調設備啟動所使用之濾網清洗與微生物有息息相關。因此長久使用下來，兒童廳內孳生微生物，應該調整不織布濾網使用週期或提升更換頻率，並定期清潔、消毒空調設備以改善空氣品質。

五、結論與建議

《室內空氣品質管理法》公告發布，展開了國內室內空氣品質管理重要的里程碑，就法規制度管理面，依敏感族群活動場所、公眾聚集量及進出量大者、公立（國立）及大型場所優先循序漸進管制原則，目前已經公布兩批納入管制的室內公共場所，並且仍繼續研擬公告納入第三批的場所，所影響的場所類型與範圍仍在持續擴大，博物館為行政院環保署公告第二批公告列管場所之一。

本研究旨在探討博物館室內空氣品質之認知與評價。透過國立臺灣歷史博物館的個案調查進行量測，量測點以服務民眾觀賞展示空間及入出口服務大廳為主，為瞭解各室內空氣品質，以保障民眾及服務人員之健康，藉以利用直讀式儀器實際量測之室內各污染物濃度，並對各污染物與環境因子相關性進行探討，將研究結論提供相關場所改善意見或後續研究建議，建議如下：

- （一）本次檢測結果，雖發現各時段檢測數據濃度值有明顯的差異，但均符合環保署標準值。
- （二）從二氧化碳連續自動監測結果發現，開館前因換氣設備尚未開啓導致濃度上升，開啓設備後二氧化碳濃度明顯下降，而中午過後二氧化碳的濃度隨著參觀民眾的多寡而增減，又以兒童廳場所環境較為明顯。
- （三）展場內甲醛主要污染源以裝修、裝潢等建材為主，當展場內有污染源不斷地釋放甲醛時，即使通風良好也無法迅速帶走污染物；因此污染源的控制為展場排除甲醛的最好方法。
- （四）室內空氣品質改善可由「源頭減量」及「通風換氣」來改善。「源頭減量」在進行裝修時，建議加入「使用綠建材」與「採用低甲醛或無甲醛

之黏著劑」以做為源頭管制效益；「通風換氣」則需檢討空調與通風設備配置及效率的提升，並建議定期保養及清潔空調系統，可裝設空氣偵測器系統，有效控制室內通風運轉，改善室內空氣品質不良之問題。

引用文獻

1. Otten, J.A and H.A..Burge, 1999. "Bacteria. In Bioaerosols: Asscssment and Control Ed.J Macher.American Conference of Governmental Industrial Hyiginists(ACGIH) ", Cincinnati, OH, pp.18:1-10.
2. U.S.EPA, 1991. Building Air Quality: A Guide for Building Owners and Facility Managers, DHHS(NIOSH) Publication No. 91-114, EPA Publication. No. 400/1-91/003.
3. 行政院環保署室內空氣品質資訊網, <http://iaq.epa.gov.tw/indoorair/>。
4. 江哲銘、林俊興等, 1991。住居空間物理環境基準之研究——室內環境品質測量測法初探, 中華民國建築協會第四屆建築學術研究發表會論文集。
5. 全國法規資料庫, <https://law.moj.gov.tw/>。
6. 李彥頤, 2004。辦公空間室內空氣品質管制策略之研究。臺南：國立成功大學建築研究所博士論文。
7. 社團法人台灣病態建築診斷協會, <http://www.twasbc.org/>。
8. 美國職業安全衛生協會資訊網, <http://www.niosh.gov.lk/> (National Institute of Occupational Safety and Health)。
9. 美國職業安全衛生署, <https://www.osha.gov/> (OSHA)。
10. 翁煜翔, 2017。商場室內空氣品質二氧化碳及甲醛調查分析之研究探討。臺中：國立中興大學環境工程學系在職專班碩士學位論文。
11. 陳重仁, 2012。國立屏東科技大學環境校園內不同室內類型甲醛濃度探討。屏東：國立屏東科技大學環境工程與科學系碩士論文。
12. 曾信傑, 2017。不打烊的博物館——數位時代下的新契機, 博物館管理新世界2:教育、跨域與科技, 頁1-30。
13. 黃倩芸、洪劍長、陳幸婷, 1997。辦公建築室內裝修建材逸散物質對室內空氣品質影響之調查研究, 內政部建築研究所。
14. 趙廷鶴、辛治寧, 2017。博物館高齡觀眾的經驗與需求初探, 博物館與文化, 14, 頁31-59。
15. 臺南市政府環保局室內空氣品質資訊網, http://iaq.ene.com/tainan_epb/iaq/。
16. 鄭安邑, 2014。醫院內候診區及加護病房室內空氣品質調查。新北：輔仁大學公共衛生學系碩士論文。
17. 蔡昀臻, 2015。台北市北投區某醫院(公司)員工及家屬對室內空氣品質概念認知探討。屏東：國立屏東科技大學環境工程與科學系碩士論文。

Preliminary Study of Investigating Indoor Air Quality in Museum: the case study of “National Museum of Taiwan History”

Ming-feng Tsai