

內政部建築研究所籌備處專題研究計劃成果報告
計劃名稱：辦公建築音及空氣品質之研究

第二部份

辦公建築室內空氣品質(CO、CO₂、PM₁₀)之研究

**The Study on the Indoor Air Quality
(CO、CO₂、PM₁₀) of Office Buildings**

執行期間：81年7月1日至82年6月30日

計劃主持人：江哲銘

研 究 員：王文安

李炳興

鍾松晉

黃彥學

周伯丞

委託單位：內政部建築研究所籌備處

執行單位：中華民國建築學會

研究單位：成功大學建築研究所

摘 要

辦公建築的外殼軀體多為密閉式構造，並終年仰賴機械式空調。在目前常態使用下，是否需要就辦公建築室內空氣品質的影響項目與基準加以管制？以確保健康快適的辦公環境，為本研究的主要動機。

本研究目的可歸納成下列五點：

- (1). 探討辦公建築室內空氣品質影響因子。
- (2). 探討辦公建築室內空氣污染物之量測評估。
- (3). 比較整理各國辦公建築室內空氣品質管制規範及基準。
- (4). 對都市內辦公建築選擇案例進行現場測定，並探討室內空氣品質之現況。
- (5). 辦公建築室內空氣品質評估系統之初擬。

本研究方法是應用自動連續量測(A S M法) [1992.6 彭定吉、江哲銘發表] 進行測定與評估。統計本研究測定的十個案例，並與美、日等國基準值比較顯示，在上班時段的室內作業面測點，CO₂ 濃度平均值為 579~926ppm，有三個案例接近美、日基準值 1000 ppm；CO 濃度在 0.6~4.0ppm之間，遠低於美、日基準值 9以及10 ppm；PM₁₀ 濃度在 0.04~0.26 mg/m³，有三個案例的室內濃度大於美、日基準值 0.15mg/m³。顯示有必要規範辦公建築室內空氣品質。

緒 言

為改善國民生活品質，並使建築管理更趨合理化，亦必須對於建築室內物理環境進行全面性的管理。關於辦公建築室內空氣品質的問題，根據國內外研究文獻顯示，不只是為了創造室內舒適的環境，而是已經惡化到為了能達到保障室內人員健康的最低限度要求，是現階段必須納入考量的問題。

由於國民對生活品質的要求提高，辦公室由「工作」的概念轉化進入「生活」的概念，辦公建築的室內環境品質更應該滿足室內人員的舒適性、健康性要求。本研究目的在從使用中評估的角度，透過對臺灣地區的抽樣現場實地調查，瞭解目前辦公建築室內空氣品質現況，並比較各國法規的管理與執行狀況，提出對臺灣地區辦公建築室內空氣品質管理基準值與評估系統之建議。

感謝內政部建築研究所籌備處 張主任世典，蕭副主任江碧，林主任秘書純政，工程組周組長智中，在研究上提供了極大的助力，林尚毅先生，翁彩瓊小姐在行政作業上之協調，以及林組長福居、推廣組葉組長祥海在報告階段的協助。

感謝建築節約能源評審小組 溫委員維謙、蔡委員尤溪、胡委員興邦、梁委員家駿、吳委員煌、王委員榮進、楊委員冠雄、周委員家鵬、賴委員榮平、林委員憲德等參與研討會的學者專家，以及成功大學研究所所長孫全文教授，吳讓治教授，翁金山教授，許茂雄教授，黃斌教授等在研究進行中多方鼓勵，並不吝賜教。

感謝內政部建築研究所籌備處、台電總公司營建處建築課、成功大學陳耀光教授及其他熱心提供測試地點的先進與公司的充份配合與協助，使研究得以順利完成。

感謝所有關心本研究的人，在此謹致十二萬分之謝忱。

成功大學建築研究所

江 哲 銘 謹誌

82 年 6 月 臺南

目 錄

■ 圖目錄	iv
-------------	----

■ 表目錄	vi
-------------	----

第一章 緒論	1
1-1 研究動機與目的	1
1-2 研究範圍與內容	2
1-3 相關文獻回顧	3
1-4 研究方法與流程	4
第二章 高層辦公建築室內空氣品質概述	7
2-1 大氣組成與外氣影響	7
2-2 辦公建築室內空氣污染物種類	8
2-2-1 氣狀污染物質	9
2-2-2 粒狀污染物質	10
2-2-3 複合例	11
2-3 辦公建築室內空氣污染物來源	14
2-3-1 進入外氣	15
2-3-2 室內人員	15
2-3-3 事務器具與用品	17
2-3-4 建築材料	18
2-3-5 室內有機物質	18
2-4 室內空氣污染物對人體健康之影響	18
2-4-1 一氧化碳 (CO)	19
2-4-2 二氧化碳 (CO ₂)	20
2-4-3 粉塵 (PM ₁₀)	22
2-4-4 其他污染物	24
2-5 小結	26
第三章 國內外辦公建築空氣品質 (CO、CO ₂ 、PM ₁₀) 管制 法比較	27
3-1 各國大氣污染管制法與管制基準值比較	27
3-2 各國大氣污染物標準量測法比較	29
3-3 各國室內空氣品質管制法與管制基準值比較	32
3-4 室內空氣品質量測方法整理比較	34
3-5 小結	40

第四章	臺灣地區辦公建築室內空氣品質現況調查	41
4-1	近五年臺灣地區大氣污染物濃度現況	41
4-2	辦公建築室內空氣品質調查計畫	43
4-2-1	測定項目概要	43
4-2-2	測定儀器系統	44
4-2-3	問卷調查內容	45
4-2-4	測試案例境界條件	46
4-3	辦公建築室內空氣品質測定結果比較分析	47
4-3-1	污染物濃度歷時變動分析(四例)	47
4-3-2	污染物濃度平均值綜合比較分析	63
4-3-3	不同時段之污染物濃度變動分析	69
4-3-4	污染物濃度與室內人員所佔氣積分析	73
4-3-5	污染物濃度與空調系統分析	76
4-3-6	測定案例室內空氣品質檢討(以 P S I _i 評估)	79
4-4	室內人員主觀反應調查結果	83
4-5	小結	87
第五章	辦公建築室內空氣品質管理系統之擬議	89
5-1	辦公建築室內空氣品質管理規範之擬議	89
5-1-1	辦公建築室內空氣品質改善對策	89
5-1-2	辦公建築室內空氣品質規範值建議	92
5-2	辦公建築室內空氣品質管理規則之擬議	94
5-2-1	辦公建築室內空氣品質管理事項之檢討與建議	94
5-2-2	辦公建築室內空氣品質管理條文之建議	101
5-2-3	辦公建築室內空氣品質管理應用實例	108
5-3	辦公建築室內空氣品質管理流程之擬議	111
5-4	後續研究課題之建議	115
■	附錄	
附錄一	用語定義	117
附錄二	臺灣地區環境空氣品質參考資料	119
附錄三	測定案例測點分佈位置與基本資料	122
附錄四	室內人員主觀反應調查問卷及基本資料	145
附錄五	建築技術規則通風法規原文	147
附錄六	本研究期初、期中、期末報告會議記錄	149
■	參考文獻	151

■ 圖目錄

圖1-1	研究範圍	2
圖1-2	研究流程圖	4
圖2-1	乾燥大氣的體積比	7
圖2-2	空氣污染物質分類	8
圖2-3	過敏症患者的發病部位	13
圖2-4	外氣污染的擴散模式	15
圖3-1	室內空氣CO、CO ₂ 濃度量測原理	34
圖3-2	數字型雷射粉塵計之檢出器構造	39
圖4-1	近五年臺灣地區環境空氣品質概況	42
圖4-2	近五年臺灣地區空氣指標污染比率	42
圖4-3	辦公建築室內空氣品質測定儀器連接系統圖 (ASM法)	44
圖4-4	高雄B案例測定因子歷時變動分析	49
圖4-5	高雄B案例測定因子與設定時段變動分析	50
圖4-6	高雄D案例測定因子歷時變動分析	53
圖4-7	高雄D案例非假日與假日測定因子歷時變動比較	54
圖4-8	高雄D案例測定因子與設定時段變動分析	55
圖4-9	台南A案例測定因子歷時變動分析	57
圖4-10	台南A案例啓、閉外氣引入風管歷時變動比較	58
圖4-11	台南A案例測定因子與設定時段變動分析	59
圖4-12	台北C案例測定因子歷時變動分析	61
圖4-13	台北C案例測定因子與設定時段變動分析	62
圖4-14-A	各案例CO ₂ 濃度上班時段測定值比較	64
圖4-14-B	各案例CO濃度上班時段測定值比較	65
圖4-14-C	各案例浮游粉塵濃度上班時段測定值比較	66
圖4-15-A	各案例CO ₂ 濃度上班時段室內外測點差值比較	68
圖4-15-B	各案例CO濃度上班時段室內外測點差值比較	68
圖4-15-C	各案例浮游粉塵濃度上班時段室內外測點差值比較	68
圖4-16-A	各案例CO ₂ 濃度空調出風口測點各時段差值比較	70
圖4-16-E	各案例CO濃度空調出風口測點各時段差值比較	70
圖4-16-C	各案例浮游粉塵濃度空調出風口測點各時段差值比較	70
圖4-17-A	各案例CO ₂ 濃度室內作業面測點各時段差值比較	72
圖4-17-E	各案例CO濃度室內作業面測點各時段差值比較	72
圖4-17-C	各案例浮游粉塵濃度室內作業面測點各時段差值比較	72

■ 表目錄

表1-1	研究內容概要	5
表2-1	香煙燃燒之主流煙與旁流煙成份含量與比例	11
表2-2	辦公建築室內污染源發生之主要污染物質	14
表2-3	大氣及人體呼吸氣中成分組成之比較	16
表2-4	室內人員產生的主要污染物質	16
表2-5	燃燒器具產生的污染物質	17
表2-6	一氧化碳濃度之容許限度及中毒症狀	19
表2-7	一氧化碳濃度對人體影響	20
表2-8	空氣污染指標二氧化碳濃度之容許限度	21
表2-9	二氧化碳濃度對人體影響	21
表2-10	室內空氣微粒子的粒徑分佈	22
表2-11	室內空氣浮游粒子狀物質之發生源與人體影響	23
表2-12	粉塵濃度對人體影響	23
表3-1	各國大氣污染管制標準值比較	28
表3-2	各國一氧化碳標準量測法之比較	30
表3-3	各國浮游粉塵標準量測法之比較	31
表3-4	各國室內空氣品質管制基準與管制法之比較	32
表3-5	建築技術規則有關辦公建築室內空氣品質比較	33
表3-6	CO、CO ₂ 濃度量測儀器一覽表	35
表3-7	室內浮游粉塵濃度量測方法的分類	37
表3-8	浮游粉塵濃度量測儀器一覽表	38
表4-1	環境空氣品質程度與PSI值之分類	41
表4-2	測試案例測定內容概要	43
表4-3	室內空氣品質自動連續量測主要儀器概要 (ASM法)	44
表4-4	測試案例基本資料	46
表4-5	時段設定與使用狀態關係表	47
表4-6	玻璃棉天花板於實驗室檢測浮游粉塵濃度結果	51
表4-7	日本有關室內氣積之規定	74
表4-8	測試案例氣積計算結果	74
表4-9	CO ₂ 濃度與病態建築症候之關係	79
表4-10	本研究評估CO ₂ 濃度與PSI _i 值對應關係	80
表5-1	辦公建築室內空氣品質改善對策建議表	91

圖 4-18-A	各案例 CO ₂ 濃度平均值與室內人員所佔氣積相關性比較	75
圖 4-18-B	各案例 PM ₁₀ 濃度平均值與室內人員所佔氣積相關性比較	75
圖 4-19-A	不同空調系統上班時段 CO ₂ 濃度比較	77
圖 4-19-B	不同空調系統上班時段 PM ₁₀ 濃度比較	77
圖 4-20	各案例平均每人換氣量與室內 CO ₂ 濃度比較	78
圖 4-21	本研究採用之 P S I _i 值換算程序	79
圖 4-22-A	各案例室外測點 P S I _i 值比較	81
圖 4-22-B	各案例室內作業面測點 P S I _i 值比較	81
圖 4-23-A	各案例室外測點 P S I _i 值百分比分佈	82
圖 4-23-B	各案例室內作業面測點 P S I _i 值百分比分佈	82
圖 4-24-A	室內人員認為落塵量程度百分率統計	83
圖 4-24-B	室內人員對落塵量滿意度百分率統計	84
圖 4-24-C	室內人員身體不適程度百分率統計	84
圖 4-24-D	室內人員身體不適原因百分率統計	84
圖 4-24-E	室內人員對室內空氣品質滿意度百分率統計	84
圖 4-25-A	各案例別室內人員認為落塵量程度比較	85
圖 4-25-B	各案例別室內人員對落塵量滿意度比較	85
圖 4-25-C	各案例別室內人員身體不適程度比較	86
圖 4-25-D	各案例別室內人員對室內空氣品質滿意度比較	86
圖 5-1	辦公建築室內空氣污染物來源與種類示意圖	90
圖 5-2	本研究全部案例之實測汙染物濃度分佈狀況圖	92
圖 5-3-A	特殊測定－平面分布調查圖例	98
圖 5-3-B	特殊測定－垂直分布調查圖例	99
圖 5-3-C	特殊測定－歷時變動調查圖例	100
圖 5-4-A	辦公建築室內空氣品質管理系統建議流程－設計階段	112
圖 5-4-B	辦公建築室內空氣品質管理系統建議流程－施工階段	113
圖 5-4-C	辦公建築室內空氣品質管理系統建議流程－使用階段	114

表5-2	本研究建議之辦公建築室內空氣污染物濃度規範值	93
表5-3	我國與美、日兩國辦公建築室內空氣品質管理法令比較 ..	95
表5-4	本研究建議之辦公建築室內空氣品質管理項目	96
表5-5	本研究建議之辦公建築室內空氣污染物濃度管理項目與 說明	97
表5-6	本研究擬議之日常測定內容與說明	97
表5-7-A	本研究擬議之特殊測定－平面分布調查解說	98
表5-7-B	本研究擬議之特殊測定－垂直分布調查解說	99
表5-7-C	本研究擬議之特殊測定－歷時變動調查解說	100
表5-8	建築技術規則增列室內空氣品質管理之修正建議	102
表5-9	日常測定記錄範例表	109
表5-10	特殊測定記錄範例表	110
表5-11	辦公建築室內空氣品質管理系統之檢討與建議	111

第一章 緒論

1 - 1 研究動機與目的

現在，地球整體環境問題日趨惡化，世界各先進國無不加速地尋求因應對策。目前，我國隨著高度經濟成長，都市集居化以及汽機車、工廠等排放廢氣污染物之影響，造成建築物外部環境空氣品質日益惡化，使得人民更需依賴建築軀殼的保護。

室內空氣污染物質除了臭氣外，人體感官一般是無法查覺，當其濃度達到危害程度時，使人體在不知不覺當中造成其健康受損。確實有必要針對室內污染源的種類、及其來源，與其對人體健康的影響，作進一步的探討。

辦公建築在節約能源等方面因素的考量下，其外殼軀體多為氣密性構造，且終年仰賴機械式空調。在此一前提下，我國辦公建築室內空氣品質的實際狀況為何？以及是否需要就室內空氣品質的管制項目與基準，在「建築法系」或「環保法系」中予以管制，以確保健康快速的辦公環境，即為本研究的主要動機。

目前，臺灣地區對於建築物室內空氣品質之規範，尚未在建築法系或環保法系中訂定；中國國家標準CNS也尚未全有室內空氣污染物濃度的量測方法。是故，本研究除藉由文獻回顧外，並擬對室內空氣品質影響因子——一氧化碳（CO）、二氧化碳（CO₂）、浮游粉塵（PM₁₀）等三項，利用自動連續量測儀器於辦公建築中進行現場實測，以瞭解臺灣地區辦公建築室內空氣品質之實際狀況，並初步提出臺灣地區辦公建築室內空氣品質管制基準之建議值與評估系統。

本研究目的歸納如下：

1. 辦公建築室內空氣品質影響因子之探討。
2. 辦公建築室內空氣污染物量測評估之探討。
3. 各國辦公建築室內空氣品質管制規範及基準之整理。
4. 針對都市內辦公建築作為測試對象，瞭解臺灣地區辦公建築室內空氣品質之現況。
5. 辦公建築室內空氣品質評估系統之初擬。

1 - 2 研究範圍

近十幾年來，國外有不少學者致力於研究室內空氣品質不佳的原因，其中以 CO_2 、 CO 、 NO_x 、 SO_x 、粉塵、甲醛、有機化合物、氣氣等研究為多。日本建築物環境衛生管理基準在室內空氣品質管制項目為 CO_2 、 CO 、浮游粉塵、溫度、濕度、氣流六個因子；美國冷凍空調協會 (ASHRAE) 其 standard 62 亦以 CO_2 濃度指標來訂定通風換氣量標準。綜合各文獻比較，本研究在辦公建築室內空氣品質現場量測評估上，擬以 CO_2 、 CO 及粉塵濃度影響因子為指標。

為充份掌握室內空氣污染濃度的變動特性，並考慮現場量測之適用性與對室內人員正常活動之干擾性；因此，本研究在辦公建築室內空氣現場量測上，以自動連續量測法來進行長時間連續量測與記錄與應用評估。

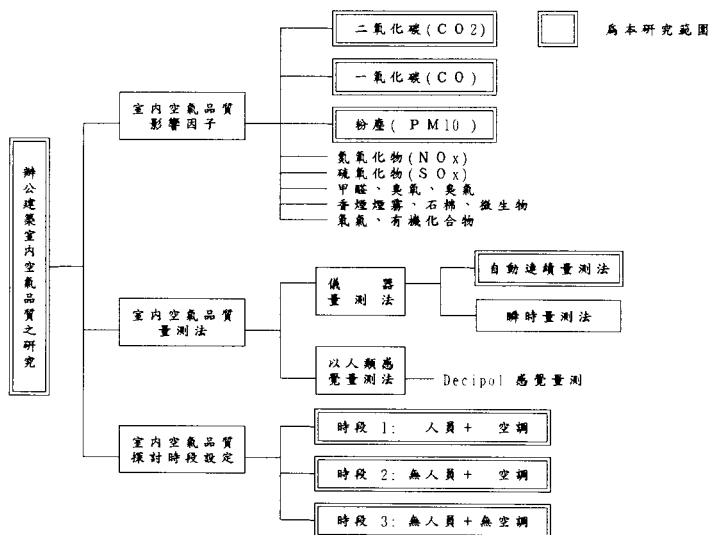


圖 1-1 研究範圍

1 - 3 相關文獻回顧

建築物室內空氣品質之研究，自1980年來，國外便有不少學者研究室內空氣品質不佳的因素及其實測案例調查；但國內對於本土化建築物室內空氣品質之研究則是近幾年才起步，且多以辦公室商業建築為研究對象。本研究相關之文獻說明如下：

一、國外文獻方面：

- (1).1990年9月，村松 學，“ビル内環境測定と記録”，針對建築物室內環境測定計劃、室內環境影響因子測定與記錄及結果分析之探討研究。
- (2).1990年4月，日本建築學會譯，“室內空氣污染・解析・予測・対策と人體影響”，對室內空氣污染源、人體健康影響、污染物濃度測定之探討及預測技術介紹、對策要點利用、與實例詳細解析應用。
- (3).1989年5月，安岡正人、真鍋恒博等，“住文化調查研究報告書（第三分冊）”，研究環境因子的影響調查及環境測定可能範圍的現況調查。
- (4).1989年，ASHRAE standard 62，美國冷凍空調學會一直致力外氣通風量之研究，並提出種種通風標準，以作為實施法規的依據。
- (5).1992年，池田耕一，“室內空氣污染のメカニズム”，書中對室內空氣污染物的機製作一介紹，並檢討防制室內空氣污染物所須具備的換氣對策，以及制定法規管制室內空氣品質之重要性。

二、國內文獻方面：

- (1).1991年11月，江哲銘、林俊興，發表室內環境品質影響因子量測方法檢測與初探，並應用此量測方法於實際住宅案例中進行量測，以檢測其適用性。
- (2).1990年11月，陳海曙，發表「病態建築症候群」產生因素及對人體健康影響，並以一商業辦公大樓為案例，進行污染物濃度測定及外氣換氣量量測，與評估分析。
- (3).1990年5月，陳世偉，“空氣淨化工程學”，就空氣淨化的定義、污染源及測定技術作初步性的說明與探討。

1 - 4 研究方法與流程

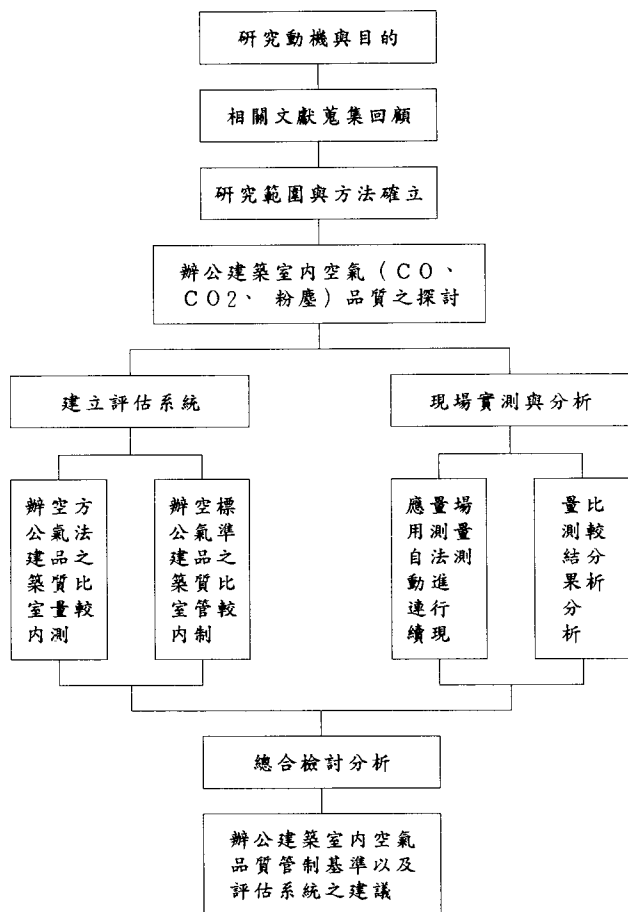


圖1-2 研究流程圖

表1-1 研究內容概要

	工作項目	執行內容及成果	執行方法
1	辦公建築室內空氣品質之探討	1. 室內空氣污染物種類。 2. 室內空氣污染物來源。 3. 室內空氣污染物對人體健康之影響。	蒐集國內外文獻資料分析、整理。
2	辦公建築室內空氣 (CO、CO ₂ 、粉塵) 之量測評估	1. 國內外室內空氣污染物濃度量測法之探討。 2. 室內空氣污染物量測條件之檢討。 3. 量測儀器適用性檢討。	蒐集國內外規範及文獻資料分析、整理。
3	辦公建築室內空氣 (CO、CO ₂ 、粉塵) 品質管制規範及基準之探討	1. 各國環境空氣品質管制規範之比較。 2. 各國環境空氣品質管制基準之比較。 3. 各國室內空氣品質管制規範之比較。 4. 各國室內空氣品質管制基準之比較。	蒐集國內外法令及規範資料分析、整理。
4	國內辦公建築室內空氣品質 (CO、CO ₂ 、粉塵) 現場測試之定量評估	1. 建立本土化的辦公建築室內空氣品質相關基礎資料。 2. 初步探討不同因子對辦公建築室內空氣品質之影響。 3. 配合室內辦公人員主觀反應問卷調查，作為室內空氣品質基準參考。	1. 蒐集國內外文獻資料分析、整理。 2. 現場測試之定量解析。
5	國內辦公建築室內空氣品質評估系統之研擬	1. 整理文獻及測試資料，擬議辦公建築室內空氣品質評估系統之架構。 2. 辦公建築室內空氣環境設計參考值之建議。	總合檢討、評估分析。

第二章 辦公建築室內空氣品質概述

1970年代石油危機後採取的各項建築節約能源措施，造成了通風不良的密閉式建築物，其室內污染物的含量往往超過室外含量，而達到危害人體健康的程度。依據行政院環境保護署於80年度的“一般室內空氣污染物污染源與現況之調查研究”結果亦顯示有惡化趨勢。

現代人大約有90%的時間待在室內，上班族則長達8小時待在辦公室內工作，所以應對辦公建築室內空氣污染物種類、污染物來源及其對人體健康的影響，深入探討。

2-1 大氣組成與外氣影響

一般所稱的大氣（外氣），是指地球大氣層最下層的氮、氧、氬及其它氣體混合體而言，其在乾燥大氣中的體積比，如圖2-1所示。健康新鮮的外氣，就像鄰近田野和森林地帶的自然條件下之外部空間的大氣。

在都市地區，由於人車等活動頻繁，所產生之汽機車廢氣排放量，使得大氣污染濃度也變大；這些外氣污染物經由辦公建築門窗開口或空調外氣口等進入室內，加上辦公建築室內污染物也多，這兩項污染源合在一起，很容易造成室內空氣品質不佳。簡單而言，就是室內空氣中污染物的濃度過高，超過正常人新陳代謝的速度與承受能力，因而對健康產生不利的影響。

其他
氦 0.0018%
氬 0.0005%
氖 0.0001%
氫 0.000009%
氫 0.933%
CO₂ 0.030%
氬 0.01%

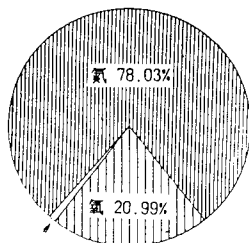


圖2-1 乾燥大氣的體積比 [文獻 J10]
(現在CO₂ 體積比增加至0.035%)

2 - 2 辦公建築室內空氣污染物種類

辦公建築室內空氣品質，主要視空氣中污染物種類與濃度而定，依污染物排放型態來看，可分為氣狀污染物質及浮游粒子狀污染物質兩大類型。

一般而言，氣狀污染物又可分為無機性氣體與有機性氣體，無機性氣體如硫、氮、碳等可在空氣中氧化而產生光霧化學反應，並可與霧氣結合形成強酸性水滴，危害人體與環境。有機性氣體則包含碳氮化合物、硫醇類、醇類、酮類及酯類等，易造成局部性室內空氣污染。粒狀污染物則包含了固體微粒及液體微粒，固體微粒可分為生物粒子及非生物粒子，如圖2-2 所示。

本節除了依氣狀污染物與粒狀污染物兩大類，就影響較大的單一室內空氣污染物性質進行探討外，並針對辦公建築室內可能出現的特定行為所產生的複合性污染物群，例如二手煙、開放型燃燒器具排氣、垃圾臭氣、揮發性有機物（VOCs）、過敏性物質、病大痼症等，作整合式的探討。

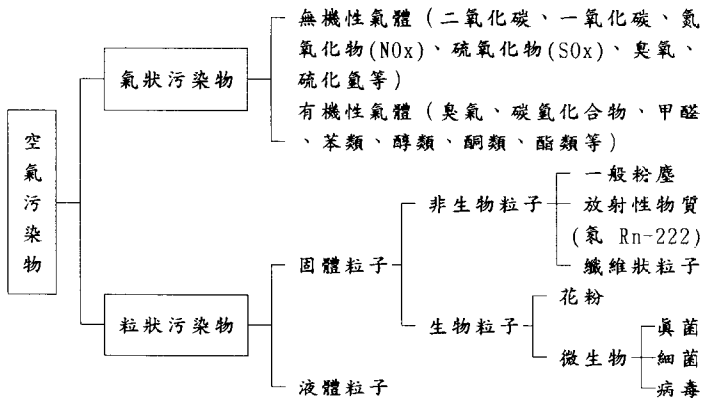


圖2-2 空氣污染物質分類 [文獻 C1、C33]

2-2-1 氣狀污染物

1. 二氧化碳 (CO_2) :

室內 CO_2 濃度最主要是隨開放型燃燒器具的使用與否，以及室內人員密度的大小而變化。室內人員於呼吸代謝作用時，所吐出的氣體中含有高濃度的 CO_2 ，並隨著人員活動量的多寡而增減。一般而言，從事辦公業務的人員平均為 200 ml/min (0.0073 cfm) 的 CO_2 吐出量 (Woods, 1980)。其次，開放型燃燒器具的 CO_2 發生量則與器具種類及使用方式的不同會有很大的變動，不能以一定數值來代表。於氣密性良好的室內，若換氣裝置不運轉，室內 CO_2 濃度將超過 2000 ppm (小峰, 1992)。

2. 一氧化碳 (CO) :

CO 主要因燃燒不完全所產生，除了使用開放型燃燒器具會產生 CO 外，室內人員抽菸也是造成 CO 濃度增高的因素。於氣密性良好的室內，若換氣裝置不運轉，室內 CO 的濃度可高達 15 ppm (小峰, 1992)。

3. 氮氧化合物 (NO_x) :

氮氧化合物 (NO_x) 之中以二氧化氮 (NO_2) 的影響最大。雖然燃燒作用的排氣中， NO_x 的主要產物為一氧化氮 (NO)，但 NO 會繼續氧化成 NO_2 。以燃氣式爐具為例， NO_2 發生量約 68 ml/hr ； NO 發生量約 124 ml/hr (楢崎, 1978)，而附濾嘴香煙燃燒 6~11 分鐘，發煙量在 $400\sim560 \text{ ml}$ 間，其 NO 與 NO_2 濃度合約為 $287\sim640 \text{ ppm}$ (和田, 1976)。

4. 硫氧化合物 (SO_x) :

二氧化硫 (SO_2) 為無色氣體，通常是燃燒含硫燃料所放出，除非室內使用了石油類燃料的爐具，一般狀況下室外濃度將高於室內濃度 (文獻 J30)。

5. 臭氧 (O_3) :

大氣中的臭氧主要來自戶外汽機車、工廠排放廢氣，以及碳水化合物與氮氧化合物之光霧化學反應。於辦公室內，臭氧的主要來源為影印機及靜電式空氣清淨機等事務機器內之高壓放電而產生。

6. 甲醛 (HCHO) :

甲醛為無色之水溶性氣體，並且是製造尿素甲醛合成樹脂的重要添加物質。於建築物內，甲醛污染物的主要來源為建材（發泡隔熱材、膠合板、泡綿...等），以及二手煙等。甲醛除具有刺激毒性外，其毒性的半衰期更長達二年以上（文獻 E7），若室內通風不良其污染濃度將殘存許久。

2-2-2 粒狀污染物

1. 氡氣及其衰變產物 (Radon and Radon Daughters) :

氡氣 (Rn-222) 及其衰變產物均具放射性，其是由鐳 (Ra-226) (半衰期1600年以上) 衰變而成。而Rn-222的半衰期為 3.8日，並以致危害人體健康的微量散佈在大氣及土壤中，室內則因空氣流通率不及室外大氣中，氡氣濃度容易累積高於室外濃度 (阿部，1988)。於歐美有關室內外氡氣濃度關係的研究中顯示，採用混凝土及花崗岩為建材的建築物，其室內外濃度比值為 1.3；而木造建築物的比值則為 0.75 (UNSCEAR, 1977)。

2. 浮游粉塵 (Suspended Particulate Matter, SPM) :

浮游粉塵 (SPM) 廣義上泛指粒徑數百 μm 以下的浮游性固體粒子與低蒸氣壓液體粒子 (文獻 J30)。其中粒子粒徑在 5 μm 以下者，則稱之為肺泡沈著性粒子 (Respirable Particulate Matter, RP)，後者因其粒子相當微小，能通過呼吸道中纖毛之過濾排除，而沈積在肺泡組織中，對人體的危害程度更大。

3. 微生物 :

浮游於室內空氣中的微生物包括細菌類、真菌類及植物孢子等。且辦公室內濕度 (大於 66 %) 與真菌類的繁殖率呈一定比例關係 (管原，1988)。

4. 石棉及纖維狀粒子 :

石棉乃為存在於自然界中之水化矽酸鹽礦類的總稱，其運用為建材時，約有 68 % 是加工膠合成型之板塊狀，另有 6% 則呈粉末狀以用作隔熱、隔音材料 (NIOSH, 1979)，後者對室內空氣的影響相當大。概括而言，辦公建築內每立方公尺含有超過 80,000 根的纖維 (長度大於 5 μm) (NIOSH, 1976)。

2-2-3 複合例

1. 二手煙（非自願性吸煙）：

所謂二手煙（非自願性吸煙）是指不抽菸者暴露在煙草燃燒物底下；換句話說，有人吸菸而旁邊不吸菸的人一樣受到煙的危害。一般可將煙草燃燒產生的污染物分為「主流煙」與「旁流煙」兩類，主流煙表示吸煙者本身所吸入的污染物；旁流煙則是煙絲燃燒所流到空氣中的污染物。表2-1 顯示，煙絲燃燒所產生的污染物中，大多數以旁流煙所含比例較高，雖然旁流煙可被大氣所稀釋，但在封閉的室內時，旁流煙對於非自願性吸煙者所造成的危害將顯著提高。二手煙的污染物中，其粒徑大多在 $0.01\sim 1\mu m$ 之間，由於布朗運動效應，很難由空氣自然流動而排出室外，並且容易沈積在肺部組織中。

表2-1 香煙燃燒之主流煙與旁流煙成份含量與比例 [文獻 c12] *1

◎氣體狀態	主流煙	比例*2	◎微粒狀態	主流煙	比例*2
二氧化碳(Carbon Dioxide)	20-60 mg	8.1	焦油(Tar)	1-40 mg	1.7
一氧化碳(Carbon Monoxide)	10-20 mg	2.5	水	1-4 mg	2.4
甲烷(Methane)	1.3 mg	3.1	甲苯(Toluene)	108 ug	5.6
乙炔(Acetylene)	27 ug	0.8	豆醇(Stigmasterol)	53 ug	0.8
丙烷(Propane) 丙烯(Propene)	0.5 mg	4.1	總植物固醇	130 ug	0.8
氯甲烷(Methylchloride)	0.65 mg	2.1	酚(Phenol)	20-150 ug	2.6
Methylfuran	20 ug	3.4	苯醌二酚(Catechol)	130-280 ug	0.7
丙醛(Propionaldehyde)	40 ug	2.4	Naphthalene	2.8 ug	16
2-丁酮(2-Butanone)	80-250 ug	2.9	Methylnaphthalene	2.2 ug	28
丙酮(Acetone)	100-600 ug		焦油臘(Pyrene)	50-200 ug	3.6
氮氧化物(Nitrogen Oxides)			苯吡琳(Benzopyrene)	20-40 ug	3.4
氨(Ammonia)	80 ug	73	奎琳(Quinoline)	1.7 ug	11
氰化氫(Hydrogen Cyanide)	430 ug	0.25	甲奎琳(Methylquinolines)	0.7 ug	11
乙腈(Acetonitrile)	120 ug	3.9	苯胺(Aniline)	360 ng	30
吡啶(Pyridine)	32 ug	10	2-Naphthalamine	2 ng	39
3-甲基吡啶(3-Picoline)	24 ug	13	4-氨基聯苯(4-Aminobiphenyl)	5 ng	31
3-Vinylpyridine	23 ug	28	聯氨(Hydrazine)	32 ng	3
二甲亞硝酸胺(Dimethylnitrosamine)			N-Nitrosonor-nicotine	100-500 ng	5
	10-65 ug	52	NNK *3	80-220 ng	10
Nitrosopyrrolidine (NPy)	10-35 ug	27	尼古丁(Nicotine)	1-2.5 mg	2.7

*1 指無濾嘴香煙。

*2 旁流煙／主流煙。

*3 煙草中特殊致癌之亞硝酸胺。

2. 臭氣：

人體感官（嗅覺）大致可分辨樟腦味、麝香味、花香味、薄荷味、乙醚味、刺激臭、腐敗臭等七種型式，其中所包含的化學物質成份多達四十萬種。正如同臭氣之多樣性，辦公室內臭氣的來源亦相當多，具代表性的有室內人員體臭（含香水臭）、煙臭、燃燒廢氣臭、垃圾腐敗臭、配管霉臭、廁所臭味等。正因臭氣的性狀特殊，很難如一氧化碳或懸浮微粒等污染物那樣予以量化，故宜採用「感覺級」來定義室內臭氣的發生量（文獻 E2，The Olf and Decipol，Fanger 1988 提案），即 1 Olf 表示成人在標準狀態下的臭氣發生量或者是與其不適程度等價的臭氣量，當室內條件在發生量為 1 Olf、換氣量為每秒一公升時，則稱此時室內的臭氣強度為 1 pol，其為十分之一 Decipol。

3. 揮發性有機物（VOCs）：

室內空氣中被確認出的 VOCs 多達數百種，常見的亦有數十種，其包含了脂肪類及芳香類的碳水化合物(aliphatic and aromatic hydrocarbons)、氯鹽碳水化合物(chlorinated hydrocarbons)與所有的酮類(ketones)及醛類(aldehydes)（Johansson, 1978; Jarke, 1981）。以氣體色譜分析法可求得揮發性有機物的總量，特稱之為「TVOC」（Seifert, 1990）。舉凡油漆、清潔劑、噴霧蠟劑、殺蟲劑、香煙…等之中均含有高濃度的 VOCs。依據歐美相關研究顯示證實：VOCs 除造成室內人員有感官刺激、頭昏、頭痛等症狀外，有些物質更有致癌的相關性。

4. 過敏原（Allergens）：

所謂過敏原，泛指所有對正常人不造成影響，但是對於具有過敏性體質的人，當其吸入、攝取或接觸時，而會引起細胞內變化、氣喘、打噴嚏、咳嗽、眼鼻或皮膚充血、發癢、疼痛、發炎等過敏反應之污染物質。圖2-3 表示過敏症患者常見的發病部位（文獻 J30）。一般而言，過敏原涵蓋了灰塵、霉菌、革菌、寵物的皮毛屑、虱蚤等蟲體及其排泄物、花粉等。由於辦公室內多鋪地毯，而臺灣地區濕度又高，霉菌及昆蟲等很容易滋生，且空調系統的濾網上極易附生霉菌等過敏原，若不定期清洗或更換，過敏原將隨著循環空氣到處流動，助長過敏症的發病機率。我國學童的氣喘發生率已有逐年增高趨勢，值得有關單位針對室內過敏原做進一步研究（文獻 C12、J30）。

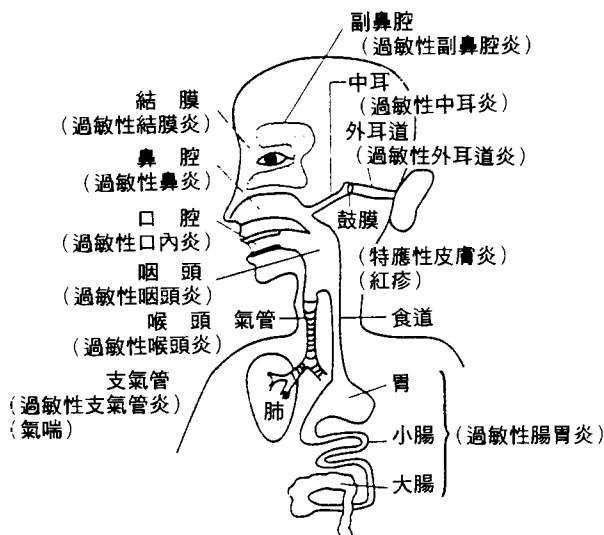


圖2-3 過敏症患者的發病部位 [文獻 J30]

5. 病大樓症 (Sick Building Syndrome, SBS) :

根據世界健康組織委員會 (W.H.O.C) 估計，大約有30%以上的新建或改建建物有SBS問題，該類大樓內的人員至少有20%會因此感到身體不適，如眼睛不舒服、反胃、頭痛、口乾舌燥、喉嚨痛、平衡感失調、疲倦、反應遲鈍等短期而非醫學性問題，通常只要人員離開該環境後，症狀就會迅速消失。這類有SBS的建物，有如下歸納的幾點特徵 (Sterling, 1983) :

- (1). 使用室內空氣重複循環的中央空調系統，且外氣引入口位置不恰當。
- (2). 採用輕量構造的案例比較多。
- (3). 室內裝修使用紡織品類，與鋪地毯等。以固定室容積來比較，其表面積均較大。
- (4). 因省能對策之考量，而減少換氣量。
- (5). 氣密性高的建築物。

2-3 辦公建築室內空氣污染物來源

依據[文獻 C33]及美國職業安全衛生協會(NIOSH)室內空氣品質問題的調查歸納,室內主要污染物的來源有外氣、室內人員、空調系統、建築材料、事務器具與用品、室內有機物質等六大來源類別,各污染源所產生之主要污染物因子如表2-2 所示。

表2-2 辦公建築室內污染源發生之主要污染物質 [文獻 C33、J10]

來源類別	污染來源	污染物質(空氣品質影響因子)
進入外氣	汽機車排放廢氣	一氧化碳、粉塵、氮氧化物、硫氧化物、鉛、臭氧
	工廠	一氧化碳、粉塵、氮氧化物、硫氧化物、光化學性高氧化物(臭氧)、鉛
	營建工地及其它	粉塵、細菌、花粉粒、濕氣
室內人員	人體	體臭、二氧化碳、氨、水蒸氣、頭皮屑、細菌
	人員活動	砂塵、纖維、黴菌、細菌
	香煙	粉塵、一氧化碳、二氧化碳、氨、氮氧化物、碳氫化合物、各種致癌物質
空調系統	空調箱(過濾網)	霉菌、黴菌、虱蚤類、細菌、臭味
	風管	粉塵、纖維、霉菌、黴菌、虱蚤類、細菌
事務器具與用品	事務機器(影印機、清淨機等)	氨、臭氧、溶劑類、塵粒、粉墨粒
	燃廳器具(瓦斯爐、熱水器等)	二氧化碳、一氧化碳、氮氧化物、碳氫化合物、粉塵、煙粒子、燃燒核
	殺蟲劑類	噴射劑、殺虫劑、殺菌劑、殺鼠劑、防蟻劑
建築材料	室內建築材料	甲醛、石棉纖維、接著劑(苯類)、油漆(苯類) 地毯纖維毛絮、黴菌、浮游細菌、壁蝨
	維修保養	溶劑、洗劑、砂塵、臭菌
有機物質	室內有機物質	腐壞食物(黴菌、臭味)、植物花草(花粉粒)、潮濕物(黴菌、臭味)、排泄物(細菌、臭味)

2-3-1 進入外氣

台灣之都市地區，因部份使用分區混淆或工業區未適當與建物作有效隔離、人車等活動頻繁、以及都市內建築工地開挖，致所產生之大量汽機車廢氣、工廠廢氣、工地塵土等污染物，容易經由建物的門窗開口或空調外氣引入口進入室內，造成室內空氣污染物的濃度增高，空氣品質變差。尤其都市地區原本就不利大氣擴散，污染物濃度常不易降低，如再因大氣逆溫層出現或都市煙霧出現，戶外污染物濃度就更攀升，結果使得辦公室內空氣品質隨之更嚴重。圖2-4所示，為外氣污染的擴散型式，工廠煙囪及汽機車所排放污染物質隨風而流動，並隨大氣的渦流擴散而進入辦公室內。

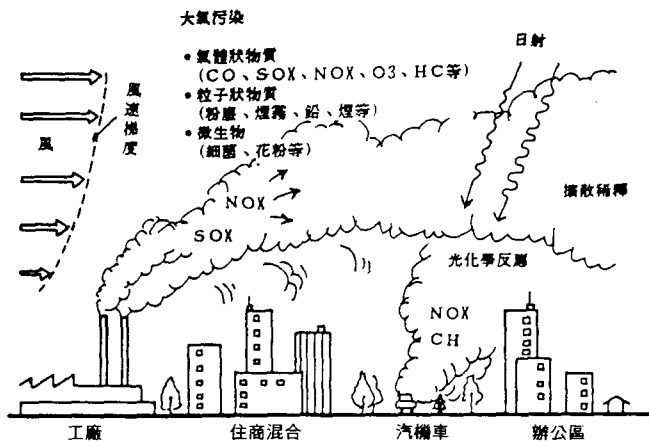


圖2-4 外氣污染的擴散模式 [文獻 C1]

2-3-2 室內人員

室內人多時，室內人員所產生的污染物，為一般建物室內空氣污染的主要原因，由人體產生的空氣污染從表2-3中顯示，有氧氣減少、二氧化碳增加、溫度上升、水蒸氣增加及臭氣的增加。以及因為室內人員抽煙、活動、流汗、咳嗽等行為所造成之污染物質，例如抽煙會產生二氧化碳、一氧化碳、粉塵、煙味等，而人員活動亦會製造或

排放二氧化碳、汗味、體臭、粉塵、傳染細菌等，都對室內空氣品質影響很大。表2-4 為室內人員產生的主要污染物質質量，依室內人數及活動狀況而定。

表2-3 大氣及人體呼吸氣中成分組成之比較 [文獻J6、J9]

	N ₂	O ₂	CO ₂	水蒸氣	溫度
大 氣	78.03	20.99	0.030	0.47	外氣溫
呼 氣	79.1~80.0	14.5~18.5	3.5~5.0	1.50	體溫
增 減	1.07~1.97 (稍 增)	6.49~2.49 (減 少)	3.47~4.97 (增 加)	1.03 (增加)	上升

單位：%

表2-4 室內人員產生的主要污染物質質量 [文獻 J4]

發生源	污 染 物	發 生 量			
人 體 排 放 的 污 染 物	作業狀態	靜 座	事務等輕作業	慢步行進	急步行進
	粉 塵	1-2 mg/h	10 mg/h	20 mg/h	30 mg/h
	CO ₂	15 l/h	20 l/h	23 l/h	42 l/h
	水 蒸 氣	40 g/h	60 g/h	80 g/h	200 g/h
	體 臭	依據人種、性別而不同及依據作業狀態變化，大略與二氧化碳發生量成正比之關係			
香 煙	抽 煙 量	依據居住者抽煙狀況而定。會議室等空間之室內人員平均1人1小時0.5支香煙			
	粉 塵	依照香煙的種類而稍有差異，約10mg/支(約香煙長度的1/2)			
	CO ₂	依照香煙的種類而稍有差異，約 2 l/支			
	CO	依照香煙的種類而稍有差異，約50 ml/支			
	NO _x	依照香煙的種類而稍有差異，約0.1 ml/支(約抽煙長度的1/2)			

2-3-3 事務器具與用品

一般辦公室內常使用的事務機具，如影印機、傳真機、空氣清淨裝置…等，亦會產生污染物，主要包括臭氣、氣、溶劑類與墨粉塵粒，易散發至空氣中、對人體的眼睛、皮膚、呼吸功能產生危害。以及日常使用殺蟲劑類等化學用品，這些物質已成為日常生活中不可或缺的部份，但這些化學物質含有劇毒或蓄積性會累積在人體組織中，長期潛伏之後會產生各種慢性疾病、癌症及畸型兒。

主要燃燒發生源為瓦斯爐、熱水器等燃燒器具，所產生污染物為二氧化碳、一氧化碳、煙粒子等。其中一氧化碳是由瓦斯爐、熱水器因氧氣不足不完全燃燒而發生，為奪取人命最危險之有害氣體。燃燒器具所產生的污染物質量如表2-5 所示。

表2-5 燃燒器具產生的污染物質量 [文獻 J4]

	污 染 物	發 生 量		
燃 燒 器 具 (發 熱 量 1 kj)	燃料的種類	都市瓦斯	LP 瓦 斯	燈 油
	CO ₂	26 ml	31 ml	36 ml
	CO *1	0.12~0.25ml	0.15~0.3 ml	0.17~1.35ml
	水 蒸 氣	38 mg	34 mg	26 mg
	NO ₂	0.4 ml	0.5 ml	6 ml
	NO	0.03 ml	0.04 ml	9 ml
	臭 氣	幾乎不產生	幾乎不產生	點熄火時稍有
	O ₂ 消費量	0.043 l	0.051 l	0.052 l

*1 這值用於瓦斯爐的場合

2-3-4 建築材料

辦公建築室內裝修材料之污染物，主要是由裝修材料及傢俱材料、隔熱材料等散發出來的有害物質，包括由室內傢俱、合板、地毯、壁紙之膠著劑產生的甲醛，以及油漆（苯類）等產生揮發性有機物質，這些氣體會影響人體氧氣的吸收；及用於隔熱材料的石棉纖維、鋪於地板的地毯纖維毛絮等污染物，易飄浮在空氣中，對呼吸器官不利。另外加上室內建材，尤其是混凝土、花崗石等礦材中含有微量元素鎘，鎘在衰變時，氧氣就從礦材表面逸出，人體若吸入氧氣過多，就可能導致肺癌。

2-3-5 室內有機物質

建物室內常出現有機物質，包括食物、植物花草、葷類生物、發微生物體、寵物（貓、狗、鳥類）排泄物，會直接或間接產生污染物，如黴菌、臭味、細菌、粉粒等。室內空氣中這些污染物之濃度增大時，對人體的皮膚、呼吸器官、眼睛，甚至心理都有不良影響。

2 - 4 室內空氣污染物對人體健康之影響

室內空氣中除須有合理的氧氣外，不能有過多對人體有損害的污染物質，如二氧化碳、一氧化碳、粉塵、甲醛、臭氣等；如這些空氣污染濃度低於人體健康損害的程度，就表示室內空氣污染濃度在容許限度內，室內空氣品質還算好；反之如果污染濃度高於人體短期或長期的損害程度，就造成人體健康損害，甚至生命危害。室內空氣品質不佳，對人體健康直接的影響是造成呼吸器官、視覺器官的不適，以及肺部器官的疾病、中樞神經的傷害，間接之影響是降低人體反應能力與精神意志。根據 [文獻 C9] 調查，大多數人，一天中有百分之八十到九十的時間是在室內活動，室內空氣品質與人體健康實在有密不可分的關聯。

以下各小節除探討 CO、CO₂、浮游粉塵三項空氣污染因子對人體健康的影響外，並初步介紹其他室內空氣污染物對人體健康之影響。

2-4-1 一氧化碳

一氧化碳是無色、無味的氣體，低濃度情況下便有毒，一氧化碳的產生是由於燃料的不完全燃燒；尤其在冬天，一氧化碳中毒事件便頻頻傳來，主要是因為效率不高的瓦斯爐或熱水器滲漏一氧化碳所致，另外在交通頻繁的都市地區及室內人員抽煙也是室內一氧化碳的重要來源。當人體吸入一氧化碳時，它比氧更容易被血液所吸收而形成碳氧血紅蛋白 (CO-Hb)，其結合力比氧與Hb的結合力大 200倍以上，因此血紅蛋白不能用來執行它的輸送氧氣的正常功能，造成人體生理症狀類似於缺氧症，實際上是被窒息。表2-6 為 CO 濃度之容許限度及中毒症狀之說明，一般是以吸入時間(時)與濃度(PPM) 相乘積小於 500 時，則頭痛症狀不會發生；大於500 時，則漸次發生中毒事件。表2-7 列出在不同 CO 濃度及暴露時間下，對人體健康產生的影響。

表2-6 一氧化碳濃度之容許限度及中毒症狀 [文獻 J10、J12]

濃度(PPM)	容許限度及呼吸時間與其症狀
100	在長時間呼吸時的容許限度。
200	在2~3小時內前額感覺輕微的頭痛。
400	在1~2小時內有嘔吐及前額頭痛2.5~3.5 小時內有後腦疼痛。
800	在45分鐘內有頭痛，時常嘔吐、頭暈麻痺，2小時內神經失常。
1600	20分鐘內有頭痛、眩暈、嘔吐，2小時內致命死亡。
3200	5~10分鐘內有頭痛、眩暈、嘔吐，30分鐘內致命死亡。
6400	10~15分鐘內就致命死亡。
12800	1~3分鐘就致命死亡。

註：一般以吸入時間與濃度相乘積小於500 時，則頭痛症不會發生，大於500 時，則漸次發生中毒（事件）症狀。

濃度 K (PPM) × 時間 T (時) < 500

表2-7 一氧化碳濃度對人體影響 [文獻 J10]

濃 度 (PPM)	曝 露 時間	COHb 濃度 (%)	人 體 影 響
5	20 min	0.4~0.7	高次神經系的反射作用變化
30	8h以上	4	視覺、精神機能障害
200	2-4 h	10~18	前頭部頭重，輕度的頭痛
500	2-4 h	25~40	激烈頭痛、噁心、視力障害、虛脫感
1000	2-3 h	45~50	脈搏亢進、痙攣、抽搐而伴同失神
2000	1-2 h	70 以上	死亡

註：一氧化碳中毒之容許限量與濃度，依據吸入時間、作業強度、呼吸強度與個人體質差異，故設定容許強度是困難的。

2-4-2 二氧化碳

二氧化碳為室內居住者及燃燒器具產生，在居住者產生的二氧化碳是經由肺部的呼吸作用排出體外，在燃燒器具產生的二氧化碳是經由燃燒過程釋出；因由於居住者及燃燒器具產生的二氧化碳運算標準，且易於測量，因此常常將其濃度作為室內污染指標，表2-8 為空氣污染指標二氧化碳濃度之容許限度，由表中顯示，一般室內空氣中二氧化碳濃度常以700~1000ppm或1000ppm 以下作為評估基準。

除了在高濃度的情況下，二氧化碳是無毒的，對人體沒有直接的危害；但在門窗關閉、換氣不良的室內，室內人員多數聚集的場所，二氧化碳濃度不斷升高而超過人體容許限度，久處這種高污染濃度下，易引起呼吸道疾病或中樞障害。表2-9 二氧化碳對人體健康之影響說明。

表2-8 空氣污染指標二氧化碳濃度之容許限度 [文獻 J10]

濃 度 (PPM)	意 義
700	多數者繼續在室內情況之容許限度 (Petten Kopfer 說法, 燃燒器具不使用的情形)
1000	一般場合之容許限度 (Petten Kopfer 說法, 燃燒器具不使用的情形)
1500	在換氣計算使用之容許限度 (Rietchel 說, 燃燒器具不使用之情形)
2000~5000	被認為相當不良情況 (燃燒器具併用之場合)
5000 以上	被認為最有害之情況
備 註 : 不是 CO ₂ 本身有害限度, 而是假定空氣的物理性狀, 化學性狀與 CO ₂ 之增加成比例變成惡化時, 表示污染標準的容許限度。	

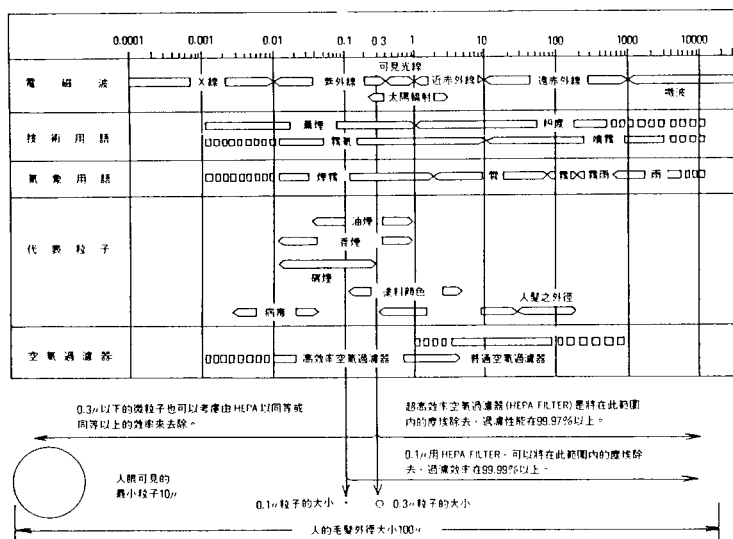
表2-9 二氧化碳濃度對人體影響 [文獻 J6、J11]

濃 度 (PPM)	人 體 影 響
1000	呼吸器、循環器及大腦之機能上被影響。(Eliseeva 說)
10000	呼吸深度增加
30000	呼吸增大及臉上有溫熱感
40000	耳鳴、頭痛及血壓上升之症候現象。(Lehmann 說)
60000	皮膚血管擴張、噁心、嘔吐
70000-80000	精神活動混亂, 呼吸困難
80000-100000	意識混濁及痙攣而發生呼吸停止。(Lehmann 說)
200000	中樞障害的發生, 構成生命的危險。(Lehmann 說)

2-4-3 粉塵

室內空氣污染物最普遍的是粉塵，一般以 $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下的浮游性固態微粒物和低蒸氣壓液態粒子為考慮對象，詳見表2-10所示。大部份粉塵粒徑皆位於 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下，肉眼不能直接看到；粉塵的粒徑在 $100\text{ }\mu\text{m}$ 至 $10\text{ }\mu\text{m}$ 左右會在人體鼻腔內沉著，而粒徑在 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下會於氣管及支氣管內沉著，因此 $0.01\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 的粒徑是造成人體之呼吸機能阻害（如過敏性鼻炎、氣喘、慢性阻塞性肺疾）的主要原因。

表2-10 室內空氣微粒子的粒徑分佈 [文獻 C24]



室內空氣中含有無機生物及有機生物粒子，表2-11為通常室內空氣浮游粒子主要發生來源與對人體漸康影響說明 [文獻J8、J11]。

表2-12乃是室內空氣粉塵濃度對人體的影響。粉塵濃度如大於 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ ，是被多數人認為污穢的濃度，對人體健康將造成危害；且粉塵濃度如達到 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 以上，居住者之死亡率將會明顯增加。

表2-11 室內空氣浮游粒子狀物質之發生源與人體影響

微粒子種類		粒徑(μm)	主要發生源	人體影響
住宅中粉塵	砂塵 纖維狀粒子	1~100 直徑1~5 長 10~100	外氣 衣服、被褥、坐墊、 地毯、絨毯	過敏反應
	壁蝨 其他		壁蝨 食品碎片紙屑等	過敏反應 過敏反應
香 煙		0.01~0.3	抽煙	肺癌、其他
煤(油) 煙		0.03~1	外氣、室內做飯調理 時燃燒產生之煙	病原菌感染致病 過敏反應 過敏反應 石棉肺、肺癌、 其他
細 菌		0.3~5	人、外氣、其他	
真 菌 (霉)		0.5~10	建築材料、外氣	
花 粉		10~30	外氣	
石 棉			隔熱材、防火材料、 吸音材	

表2-12 粉塵濃度對人體影響 [文獻 J6]

濃 度(mg/m^3)	影 響	備 考
0.025~0.05	背景濃度	達到0.1 mg/m^3 以上死亡率增 加
0.075~0.10	多數人滿意濃度	
0.100~0.14	視程減少	
0.150~0.20	被多數人認為污穢的濃度	
0.20 以上	被多數人認為完全污穢的濃度	

2-4-4 其他污染物

辦公建築室內空氣品質影響因子很多，除了主要影響因子二氧化碳、一氧化碳、粉塵外，尚有氮氧化物、硫氧化物、甲醛、臭氧、臭氣、香煙煙霧、石棉纖維、微生物、氣氣、有機化合物等污染物，這些都會對人體健康產生不利影響，也是造成室內空氣品質不佳之影響因子。

1. 氮氧化物：

燃料在高溫燃燒時，空氣中過量的氮和氧反應產生氮氧化物，溫度越高時越容易產生；氮氧化物為非常有害氣體，強烈刺激氣管及肺部，形成氣喘。

2. 硫氧化物：

燃燒含硫燃料所產生的硫氧化物為大氣污染的元兇。除了和水作用成為硫酸而對動植物及金屬類造成危害外，尚對人體呼吸管道之黏膜造成刺激，逐漸形成慢性呼吸道疾病。

3. 甲醛：

甲醛(醛類)是尿素合成樹脂等生產過程的化學物質，室內建材若使用上述材料都會散發甲醛氣體。對人體造成呼吸道的刺激、影響氧氣吸收、胸口悶痛、頭痛和導致肺炎等症候。

4. 臭氧：

臭氧亦為辦公建築室內常見的污染物，當吸入臭氧對人體會引發咳嗽及呼吸困難現象，造成傷害肺功能、破壞紅血球、以及眼鼻喉受到刺激等健康危害。

5. 臭氣：

廁所、茶水間、垃圾桶如有不潔之物未清理，會產生惡臭；以及是室內人多的場合，人體會產生體臭及汗臭；這些臭味使人感覺悶熱與不快，如果長期反覆受到低濃度的惡臭氣味刺激會引起嗅覺疲勞，造成嗅覺脫失。

6. 香煙煙霧：

室內多數人吸煙時，室內充滿煙味及臭味，造成不吸煙者的厭煩；在有吸煙者的屋內，煙霧是室內空氣最大污染源。根據[文獻 C12]分析，抽煙可產生二千種以上的化合物，其中含有各種致癌物，及刺激性物質。更值得注意的是，吸煙者所產生的二手煙，比吸煙者所吸入的污染物濃度更高，還好吹出的二手煙立即被周圍的空氣稀釋，對人體健康的危害才稍稍減低，故如果吸煙者在密閉式換氣不良的場所吸煙，那麼對吸煙者之危害就會十分廣泛而嚴重。

7. 石棉纖維：

石棉被廣泛地用來做石棉瓦、隔熱材、吸音材、防火被覆材等建築材料。石棉纖維一旦脫落被吸入人體肺組織或其他器官組織中，不能被分解或排除，經長期蓄積潛伏後，會使細胞癌變，令人員容易罹患石棉肺症，肺癌等重大疾病。

8. 微生物：

通風不良時，各種微生物可能在室內造成極大的污染及傳染，尤其室有病病原菌之污染源存在（如病人）時更嚴重，微生物污染濃度增高，使得室內人員均容易從病人那裡感染疾病。此外，黴菌以及室內養寵物所產生的皮毛、蚤、虱等昆蟲都可能是室內的過敏原，而過敏原對兒童而言，更是誘發「氣喘症」的主要原因，故值得加以注意防範。

9. 氡氣：

室內建材尤其是混凝土、花崗石等礦材，因其含有微量元素鐳。鐳在衰變時，氡氣就從礦材表面逸出，人體若吸入氡氣過多，可能導致肺癌。

10. 有機化學物

室內空氣中的多種揮發性有機化合物，依據歐美相關研究顯示，VOCs 除會導致人體之鼻道黏膜受到刺激而阻塞、頭痛症或感染慢性疾病外，有些有機物更有致癌的可能性。

2 - 5 小結

經過上述各節對室內空氣品質影響因子的文獻整理探討，可歸納成下列幾點階段性結語：

1. 辦公建築室內影響空氣品質的污染物，其來源與種類繁多：主要來源可分為進入外氣、室內人員、空調系統、事務器具與用品、建築材料、有機物質六大類別；污染物常見種類則有一氧化碳（CO）、二氧化碳（CO₂）、氮氧化合物（NO_x）、硫氧化合物（SO_x）、臭氧（O₃）、甲醛等氣狀污染物，有氬氣及其衰變產物、浮游粉塵、微生物粒子、石棉及纖維狀粒子等粒狀污染物，有二手煙、臭氣、揮發性有機物、過敏原等複合性污染物（p8~p18）。
2. 室內空氣污染物對人員健康的影響上，輕微者造成室內人員身心不適，或導致慢性疾病；嚴重者甚至會導致死亡。為保障室內人員的權益，實有必要管制室內空氣污染物濃度。（p18~p24）
3. 由於人力與量測儀器限制，建築主管機關從執法角度目前無法針對各個污染因子作全面性管制。實有必要針對供公眾使用的辦公建築，委由專業技師或專責管理公司簽證，以確保各棟辦公建築之室內空氣品質。

在下一章中，將就各國有關大氣以及室內空氣污染物（包括CO、CO₂、浮游粉塵三項）的管制法令、容許基準值與污染物濃度量測方法之異同點，進行比較探討。

第三章 國內外辦公建築空氣品質 (CO、CO₂、PM₁₀) 管制法比較

近年來，國內辦公建築爲了調節室內溫熱環境以達到冷暖房效果，其外殼軀體多爲氣密性構造，並採用機械式空調，而在節約能源的考量下，將室內空氣部份循環利用。由國內外文獻之指摘中得知：辦公建築室內空氣品質由有惡化趨勢，爲了維護室內人員的健康及生活環境品質，必需制定相關規範法令來限制室內污染物的容許量或容許濃度。

由於「進入外氣」亦爲室內空氣污染物來源之一，本章除了比較分析國內外相關室內空氣品質之管制法令、管制基準及量測方法外，並整理比較國內外有關大氣污染物管制基準及量測方法。

3-1 各國大氣污染管制法與管制基準值比較

室外空氣品質的良窳，將直接影響到大眾的健康與福祉，世界上許多國家均訂有環境空氣品質標準來管制污染物濃度。各國因地域性與產業結構性的不同，在管制項目方面亦略有差異，主要管制項目有懸浮微粒、CO、SO₂、NO₂、O₃ 以及惡臭物質等。表3-1 爲各國大氣污染物管制標準中有關CO與懸浮微粒兩項之比較，可知現行臺灣地區環境空氣品質標準 (CO、懸浮微粒) 與美、日等國的管制基準相當。

目前國內在空氣品質管制上，由於各地所測得的各項空氣污染物濃度所佔比例會不同，除了將單一空氣污染物濃度與環境空氣品質標準比較並加以管制外，亦可將各項污染因子轉換爲其參數，綜合評估以作爲當地空氣品質的指標。目前環保署所採用之方式爲「空氣污染指標 (PSI)」。PSI 是依據某監測站當日大氣中五種主要污染物 (TSP、CO、SO₂、NO₂、O₃) 的濃度值，換算出該污染物之空氣污染副指標值 (Subindex)，再以當日各副指標值之最大值作爲該測站當日之「指標污染物」，並以 PSI 值 (0~500) 來表示當地空氣品質的好壞。即指標值在 100 以下者，表示該測站當日空氣品質符合美國環境空氣品質基準中之短期 (24 小時或更短) 平均值；若 PSI 大於 100，對人體健康將有不良影響。有關 PSI 指標之詳細說明，將在下一章介紹。

表3-1 各國大氣污染管制標準值比較 [文獻 C26、C33、J6]

國 別	污 染 物	懸 浮 微 粒 mg/m ³					一氧化碳 (CO) ppm				
		30 分 平 均 值	1 小 時 平 均 值	8 小 時 平 均 值	24 小 時 平 均 值	年 平 均 值	30 分 平 均 值	1 小 時 平 均 值	8 小 時 平 均 值	24 小 時 平 均 值	年 平 均 值
中華民國 R.O.C.	*1 PM ₁₀	--	--	--	.125	.065	--	35	9	--	--
	*2 TSP	--	--	--	.25	.13	--	--	--	--	--
日本 Japan	PM ₁₀	--	.2	--	.1	--	--	--	23	11.5	--
	TSP	--	--	--	.3	.13	--	--	--	--	--
美國 U.S.A.	*3 第一級	--	--	--	.26	.075	--	35	9	--	--
	第二級	--	--	--	.15	.06	--	35	9	--	--
澳大利亞 Austria		--	--	--	.2	--	--	38.9	10.3	--	--
保加利亞 Bulgaria		.5	--	--	.15	--	3	--	--	1	--
捷克斯拉夫 Czechoslovakia		.5	--	--	.15	--	6	--	--	1	--
西德 F.R of Germany		--	--	--	.15	--	26	--	--	9	10
芬蘭 Finland		--	--	--	.15	.08	--	40	10	--	--
法國 France		--	--	--	.15	--	--	--	57.3	--	--
匈牙利 Hungry		--	--	--	.2	--	6	--	--	2	--
以色列 Israel		--	--	--	.2	.075	35	--	11.5	--	--
義大利 Italy		--	.75	--	.3	--	57.2	--	22.5	--	--
挪威 Norway		--	--	--	.15	.06	--	--	--	--	--
羅馬尼亞 Rumania		.5	--	--	.15	--	6	--	--	2	--
蘇聯 USSR		.5	--	--	.15	--	26	--	--	9	--

註：1. 「中華民國臺灣地區環境空氣品質標準」(一般地區)。

2. PM₁₀表粒徑小於10 μ m之懸浮微粒；TSP表總懸浮微粒。

3. 美國一級環境標準是用來保護公共衛生(Health)；二級環境標準是用來保護土壤、水、動植物的生活環境(Welfare)。

3-2 各國大氣污染物標準量測法比較

爲了使大氣污染物濃度在量測上有相同的依據，以利於量化比較分析，量測方法的標準化均明訂於各國的國家級標準中。本節將針對近年來造成臺灣地區空氣品質不良的主要污染物——CO、PM₁₀，就各國標準量測法進行比較。

1. 一氧化碳(CO、Carbon Monoxide)

大氣中一氧化碳污染物量測方法之比較如表3-2所示，CNS(*1) K9109號爲「廢氣中一氧化碳檢驗法」之規定；JIS(*2) K0098號爲「排氣中一氧化碳分析方法」之規定；ASTM(*3) D3669號爲「大氣中一氧化碳含量分析建議法(人工濁度法)」之規定、而ASTM D3162號則規定「大氣中一氧化碳標準試驗法(以非分散性紅外光法連續量測)」；ISO(*4) 8186號爲「大氣中一氧化碳質量濃度測定(氣相色層法)」之規定、而ISO 8186號則規定「工作環境中一氧化碳質量濃度之測定(具指向性及短時期取樣之檢知管法)」。¹可知國際間尚未形成單一的標準量測法，值得進一步追蹤國際上的發展現況。

2. 懸浮微粒(PM₁₀)：

PM₁₀是指粒徑小於10 μ m之懸浮微粒，因其對人體的危害程度大，所以目前環保署亦採用PM₁₀濃度來表示空氣品質污染指標之一。² CNS K9066號爲「環境大氣中浮游粉塵濃度測定方法」之規定、而CNS J2014號則規定「大氣中總懸浮微粒量測定法」；JIS Z8808號爲「排氣中粉塵濃度測定方法」之規定、而JIS Z8813號則爲「浮游粉塵濃度測定方法通則」之規定；ASTM D1704號爲「大氣中懸浮微粒標準試驗法(透過光密度法)」之規定、而ASTM D4096號則規定「大氣中總懸浮微粒量標準試驗法(高量採樣法)」。³由此可知，粒徑小於100 μ m之浮游粉塵已有標準量測法，有關各國浮游粉塵標準量測法之比較，如表3-3所示。⁴

*1 CNS表示「中國國家標準」所規定之標準。

*2 JIS表示「日本工業規格」所規定之標準。

*3 ASTM表示「美國材料試驗協會」所規定之標準。

*4 ISO表示「國際標準化組織」所規定之標準。

表3-2 各國一氧化碳標準量測法之比較

[文獻 C34、J31、E9、E10]

	中國國家標準	日本工業規格	美國材料試驗協會	國際標準組織
編號	CNS K9109 空氣中一氧化碳 檢驗法	JIS K0098 排氣中一氧化碳 分析方法	ASTM D3162 大氣中一氧化碳 含量分析建議法 ASTM D3669 大氣中一氧化碳 標準試驗法	ISO 8186 大氣中一氧化碳 質量濃度測定 ISO 8760 工作環境一氧化 碳質量濃度測定
適用範圍	隨燃料之燃燒、金屬冶鍊、化學反應工程、由煙道排放之廢氣	隨燃料之燃燒、金屬冶鍊、化學反應工程、由煙道排放之排氣	ASTM D3162 • 環境大氣 ASTM D3669 • 環境大氣與工作環境	ISO 8186 • 環境大氣 ISO 8760 • 工作環境
量測方式	CNS 與 JIS 之量測方法種類相同 (a)自動連續量測 (b)人工現場量測 (c)現場採樣、實驗室分析		ASTM D3162 • 自動連續量測 ASTM D3669 • 真空瓶採樣	ISO 8186 • 人工採樣 ISO 8760 • 指向性短期採樣
分析方法	CNS 與 JIS 之分析方法種類相同 • 氣相層析法：(c) • 檢測管法：(b) • 恆培(Hempel)式分析法：(c) • 紅外線吸收法：(a)、(c) • 定電位電解法：(a)、(c)		ASTM D3162 • 非分散性紅外光法 ASTM D3669 • 人工濁度法	ISO 8186 • 氣相層析法 ISO 8760 • 檢知管法
適用濃度	• 氣相層析法... TCD：1000 ppm以上 FID：0~2000 ppm • 檢測管法... 低濃度：5~100 ppm 中濃度：50~1000 ppm 高濃度：1000 ppm以上 • Hempel分析法... 1000 ppm以上 • 紅外線吸收法... 自 0~250 ppm 至 0~10000 ppm • 定電位電解法... 自 0~20 ppm 至 0~30000 ppm		ASTM D3162 • 0.5~100 ppm ASTM D3669 • 2~400 ppm (波長425 nm) • 400~1800 ppm (波長600 nm)	ISO 8186 • 0~1 ppm 靈敏度 50ppb • 0~1000 ppm ISO 8760 • 5~100 ppm • 50~1000 ppm • 1000 ppm以上

表3-3 各國浮游粉塵標準量測法之比較
[文獻 C35、C36、J32、J33、E10]

	中國國家標準	日本工業規格	美國材料試驗協會
編號	CNS K9066 環境大氣中浮游粉塵 濃度測定方法 CNS J2014 大氣中總懸浮微粒量 測定法	JIS Z8808 排氣中粉塵濃度測定 方法 JIS Z8813 浮游粉塵濃度測定方 法通則	ASTM D1704 大氣中懸浮微粒標準 試驗法 ASTM D4096 大氣中總懸浮微粒量 標準試驗法
適用 範圍	CNS K9066 • 浮游於空氣中之粒狀物 ，含粉塵、煤煙、霧滴 粒徑在0.01~100 μm CNS J2014 • 大氣中24小時內所含之 懸浮微粒量	JIS Z8808 • 由煙道、煙囪、煙管等 所排放氣體之粉塵 JIS Z8813 • 環境大氣中之浮游粉塵	ASTM D1704 • 環境大氣 粒徑在0.1~10 μm 間 ASTM D4096 • 環境大氣、高濃度區， 粒徑在0.1~100 μm 間 (玻璃纖維濾網)
量測 方式	CNS K9066 • 浮游測定法 • 捕集測定法 CNS J2014 • 高量採樣法 取樣時間24小時	JIS Z8808 • 捕集測定法：一併量測 排氣溫度、水份量、流 速與流量 JIS Z8813 • 同CNS K9066	ASTM D1704 • 篩過空氣以定速通過濾 紙採樣 ASTM D4096 • 高量採樣法
分析 方法	CNS K9066 • 浮游測定：含光度計式 、光度比色計式、光量 積算計式、粒子數計數 式、吸光光度計式 • 捕集測定：含秤量法、 顯微鏡計數法、吸光 光度計數法、壓電天秤 法、 β 線吸收法 CNS J2014 • 玻璃纖維濾網、天秤秤 重，人工計算分析	JIS Z8808 • 平衡型採樣裝置，試管 選擇不與試料起化學作 用，採人工計算分析 JIS Z8813 • 同CNS K9066	ASTM D1704 • 透過光密度法：其使用 分光光度計或比色計之 波長為400nm，將採樣 濾紙與乾淨濾紙做透光 度比較 ASTM D4096 • 人工計算分析 • 不同過濾效率之濾網， 可採集不同粒徑的懸浮 微粒量
備註	• 粒子數濃度：一定容積的空氣中浮游粉塵之粒子數，單位如 個/m^3。 • 質量濃度：一定容積的空氣中浮游粉塵之質量，單位如 mg/m^3。 • 相對濃度：一定容積的空氣重與空氣中浮游粉塵質量之比值，相對重量濃度。 一定容積的空氣與浮游粉塵所佔體積之比值，相對體積濃度。		

3-3 各國室內空氣品質管制法與管制基準值比較

許多國家對外氣環境都訂有管制基準，但對室內空氣品質之管制則不一定有法令及基準值來規範。目前我國臺灣地區有關室內空氣品質的規定，均是指工廠等產業現場之勞工安全保護，對於一般集合住宅、辦公室等室內人員密集的場所，則尚未在建築法規、衛生法規、或環保法規中規範。故建築物室內空氣品質不良時，相關主管單位面臨無法令可管制或告發來促使業者改善，以保障室內人員健康的基本權益，以及確保生活品質。由表3-4 各國室內空氣品質管制基準與管制法之比較中可知，日本建築基準法、建物管理法以及美國冷凍空調協會換氣基準中，對於污染物 (CO、CO₂、PM₁₀) 都訂定其容許基準濃度之規定來管制與維護室內空氣品質。政府相關主管單位有必要研擬符合台灣地區本土化的室內空氣品質基準。

表3-4 各國室內空氣品質管制基準與管制法之比較 [文獻 C33、J6]

國別	一氧化碳 (ppm)	二氧化碳 (ppm)	浮游粉塵 (mg/m ³)	管制法令
中華民國		5000 ppm		勞工安全衛生法
日本	10 ppm 時平均值	1000 ppm	0.15 mg/m ³	建築基準法施行令 建物管理法施行令
	20 ppm			學校保健法施行令 第3條明示
	30 ppm	5000 ppm	同 ACIGH	勞動安全衛生法
美國	9 ppm 時平均值	1000 ppm	0.15 mg/m ³ 24時平均值	ASHRAE 62-89 通風換氣基準
	48 ppm 8小時平均值	5000 ppm (TWA) 8小時容許值	2mg/m ³ (游離硅酸 30%以上) 5mg/m ³ (游離硅酸 30%未滿) 10mg/m ³ (其他)	美國勞動衛生專門 國家會議 (ACIGH) (工作環境)
加拿大	11 ppm 日平均值 25 ppm 時平均值	3500 ppm 時平均值	0.04 mg/m ³ 建議值 0.1 mg/m ³ 時平均	
大陸		1500 ppm		中小學校建築設計 規範第七章
荷蘭	9 ppm 8時平均值 35 ppm 時平均值		0.14 mg/m ³ (PM ₁₀) 日平均值	

目前，我國有關辦公建築室內空氣品質的規定，在「建築技術規則」中有：建築設計施工編第四十三條（通風）規定、建築設備編第一百條至第一百零二條（機械通風系統及通風量）規定，其條文內容與說明如表3-5所示。

表3-5 建築技術規則有關辦公建築室內空氣品質比較 [文獻 C39]

法 條	內 容	說 明									
設計施工編 第四十三條	（通風）居室應設置能與戶外空氣直接流通之窗戶或開口，或有效之自然通風設備或機械通風設備，並依下列規定： 一、一般居室...之有效通風面積，不得小於該室樓地板面積百分之五，但設置符合規定之自然或機械通風設備者不在此限。	- 居室是指居住、「工作」、集會、...使用之房間。 - 辦公建築採用之機械通風設備，其構造應符合建築設備編第五章第二節之機械通風系統及通風量規定。（第一百條至第一百零二條）									
建築設備編 第一百條	（通則）本規則建築設計施工編第四十三條規定之機械通風設備，其構造應依本節規定。	本節規定項目有：通風系統與通風量，但無污染物濃度管制基準。									
建築設備編 第一百零一條	（通風系統）機械通風系統應依實際情況，採用下列系統： 一、機械送風及機械排風。 二、機械送風及自然排風。 三、自然送風及機械排風。	辦公室內採用之機械通風系統具溫熱調節功能，故多採用本條第一、二兩次通風方式。									
建築設備編 第一百零二條	（通風量）建築物供各種用途使用之空間，設置機械通風設備時，通風量不得小於下表規定：	- 與美、日兩國法規比較： - 美國 ASHRAE 62-1989 規定，每人之所需換氣量在 100 m³ 最多7人使用下，為 34 m³ hr (20 cfm)。 - 日本建築基準法施行令第二十條之二中第二款規定，機械換氣設備有效換氣量為：$V = 20 \cdot A / N$ 式中，V表有效換氣量、A：表居室樓地板面積、N表實際1人所佔面積（超過10時以10計算）。 - 換算成與我國相同尺度比較：ASHRAE 62-1989 為 2.38 m³ hr (由20 cfm, 每100m²人換算)；日本為2 m³ hr (令N=10換算)，我國則為10 m³ hr (與室內人員密度無關)									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>房間用途</th><th>樓地板面積每平方公尺所需通風量 m³ hr</th><th></th></tr> <tr> <th></th><th>前條第一、二兩次通風方式</th><th>前條第三款通風方式</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>辦公室、會客室。</td><td>10</td><td>10</td></tr> </tbody> </table>	房間用途	樓地板面積每平方公尺所需通風量 m ³ hr			前條第一、二兩次通風方式	前條第三款通風方式	辦公室、會客室。	10	10	
房間用途	樓地板面積每平方公尺所需通風量 m ³ hr										
	前條第一、二兩次通風方式	前條第三款通風方式									
辦公室、會客室。	10	10									

3-4 室內空氣品質量測方法整理比較

室內空氣污染物濃度量測目的，乃確保室內人員的健康與居住環境衛生品質，而量測的過程是室內空氣品質衛生管理手法之一。室內環境的條件時時在變動，建築物室內空氣品質也隨之變動，為達度量測目的，在量測時應考慮許多事項，其包括了採樣裝置的選擇、合乎靈敏度要求的分析技術、選定適當的量測時間、採樣與分析方法的校正、考慮局部空間量測的必要性、各分析技術相關干擾物質的評估以及考慮人員活動對測試中之污染物濃度的影響等。

室內空氣污染物濃度量測法，在採樣法大略有兩種分類方式：第一種分為「主動法」（需要有排風裝置）、「被動法」（經擴散或浸透方式由媒介質採集）；第二種可分為(1)「連續式」或「直讀式」以及(2)「積分式」或「截取式」。在分析原理上，則可應用光學、化學、電學、音學或熱力學等。以下各節將初步探討室內空氣污染物——一氧化碳、二氧化碳及浮游粉塵濃度的量測儀器與方法。

1. 一氧化碳、二氧化碳濃度量測：

室內空氣中一氧化碳及二氧化碳濃度量測，一般以體積相對濃度(ppm)表示之。其濃度量測之量測原理可分為化學分析與物理測定兩大方法，如圖3-1所示。

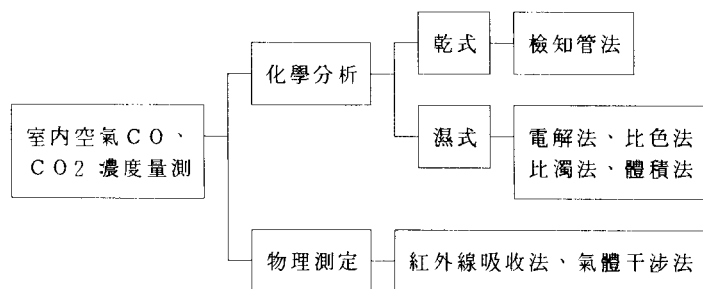


圖3-1 室內空氣CO、CO₂濃度量測原理 [文獻 C4]

表3-6 係以一般室內環境為量測對象，一氧化碳及二氧化碳濃度的量測儀器一覽表，分別依其儀器構成、量測原理、量測範圍、精度、自動連續量測性能、應答性等項目來作說明與評估。從表中可知，紅外線二氧化碳氣體分析器及一氧化碳定電位電解法分析器、紅外線一氧化碳氣體分析器，不但感度良好、精度高、應答速等優點外，且可作為自動連續量測；是比較符合室內空氣品質之量測目的與室內環境條件。

表3-6 CO、CO₂ 濃度量測儀器一覽表 [文獻 J6、J7]

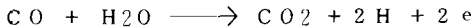
	名 稱	構 成	量測原理	量測範圍 (%)	精度	自動連續量測	應答	備 考
一 氧 化	氣體檢知管 (比色法)	檢知管、吸引 唧筒(真空法)	化學反應 (呈色)	0.01~ 0.001	低	否		檢知管、流出 孔 (orifice)
	氣體檢知管 (測長法)	檢知管、吸引 唧筒(真空法)	化學反應	0.002~ 0.1	稍低	否		檢知管、流出 孔 (orifice)
碳 濃 度	紅外線一氧 化碳氣體分 析器	本體、抽氣裝 置、標準氣體 、記錄計	紅外線選 擇吸收	~0.01~	高	適	速	電源、標準氣 體、記錄紙、 除濕計
	定電位電解 法分析器	本體、標準氣 體(記錄計)	電氣化學 反應	~0.005 ~	高	適	速	檢出器、標準 氣體、記錄紙
二 氧 化	氣體檢知管	檢知管、吸引 唧筒(真空法)	化學反應 (中和)	稍低	否	否		檢知管、流出 孔(orifice)
	水氧化鋇法 (氣氧化鋇)	抽氣瓶、水氧 化鋇、滴定管 、試藥	化學反應 (中和)	0.01 以上	良	否		
碳 濃 度	氣體干涉計 (擾流計)	本體(記錄計)	光干涉的 位置	0.03~3	稍低 良	否(手動) 可(自動)	良	電源、乾燥劑 (記錄用紙)
	紅外線二氧 化碳氣體分 析器	本體、抽氣裝 置、標準氣體 (記錄器)	紅外線 選擇吸收 (分析)	0.002 以上	高	適	速	電源、標準氣 體、記錄用紙

- 註1：CO/CO₂ 監測器之校正
- 靜的校正——使用零氣體(Zero Gase)
如N₂氣體
 - 動的校正——使用間距氣體(Span Gase)
如CO₂ :1630ppm CO :76.4ppm
- 註2：CNS 43118規定之標準量測法有氣氧化鋇法、簡易定羣法、檢知管法、氣體干涉計法、及紅外線吸收法。

本研究使用之一氧化碳濃度量測儀器為「定電位電解法」，二氧化碳濃度量測儀器為「非分散型紅外線吸收法」，以下分別探討其量測方法與量測原理。

(1). 一氧化碳之定電位電解法：

其量測方法是將含有 CO 的室內空氣導入定電位電解槽中，來使 CO 通過氣體透過性隔膜而擴散吸收於電解槽的電解液中，在此電解槽的電極間給於 0.9~1.5 V 的電位時，則會產生下列的電解反應。



由於隨者反應的進行會有與 CO 濃度成比例之電流流動，因此這也就是將此電流測出來而求出 CO 濃度的方法。

(2). 二氧化碳之非分散型紅外線吸收法 (NDIR 法)：

其量測原理是在儀器之檢出器中封入測定分子或者具有同樣吸收光譜的氣體，來僅將特定波長 (CO₂ 特定紅外線波長為 4.3 μm) 的光檢出之非分散型紅外線分析計。

其量測方法是將含有 CO₂ 的室內空氣連續導入測定槽中而以強度 I₀ 的紅外線照射時，紅外線會與 CO₂ 濃度成比例的關係被吸收，因此可得到強度為 I_T 之透過光。

此公式為

$$I_T = I_0 \times 10^{-\epsilon \cdot L \cdot C}$$

ε：吸光係數
L：吸收槽長
C：濃度

藉著測定此種透過率 (或者透過率逆數的常用對數之吸光度) 即可求出室內空氣的 CO₂ 濃度。

本研究採用之機型是把定電位電解法的一氧化碳量測器與非分散型紅外線吸收法的二氧化碳量測器組合成一台，並在內部藏有小型電腦及印表機來控制與記錄。其除了可為 1 分鐘~15 分鐘平均濃度值的瞬時量測外，亦可將測得濃度變換為電壓值輸出，經由與之連線的數位記錄器接收而自動連續記錄，故可得室內空氣 CO、CO₂ 濃度長時間自動連續量測記錄之實測值。

2. 浮游粉塵濃度之量測：

浮遊在室內空氣中的微粒，原則上是要量測其成份、濃度、粒度，在一般室內空氣品質評估上僅測其濃度；濃度的表示有兩種，一為重量濃度 (mg/m³) 以一定容積空氣中的浮游粉塵質量表示之，一為個數濃度 (個/ml) 以一定容積空氣中的浮游粉塵粒子數表示之。表3-7為浮游粉塵濃度量測方法的分類說明。其中濃度量測可分絕對性表示與相對性表示，分別說明如下。

- (1). 絕對性表示：捕集浮遊於空氣中之浮游粉塵，直接計測其質量或粒子數表示之濃度。
- (2). 相對性表示：測定浮遊於空氣中之浮游粉塵粒子數濃度或質量濃度與相對關係下之量，其濃度以直接關係下指數表示，而與其濃度成 1 比 1（宜為直線關係）之關係的物理量。

一般之相對濃度計易於操作，且其靈敏度較佳，可在現場迅速量測浮游粉塵之相對濃度，故欲迅速量測平時之浮游粉塵狀態之變動時，仍以相對濃度為主。

表3-7 室內浮游粉塵濃度量測方法的分類 [文獻 J2]

濃度表示方法	絕對量或相對量	量 測 儀 器
重量濃度表示 (mg/m ³)	絕對濃度量測	低流量空氣取樣器 高流量空氣取樣器 靜電式粉塵取樣器 個人取樣器
	相對濃度量測	相對濃度計 數字型粉塵計 相對比較濃度計 勞研濾紙塵埃計 勞研分光濾紙塵埃計 壓電結晶振動計
個數濃度表示 (個/ml)	絕對計數量測	勞研式塵埃計 多段式衝擊計 熱沉澱計
	相對計數量測	微粒子計數器

表3-8 為室內空氣浮游粉塵濃度量測儀器一覽表，各種量測儀器分別依其構成、對象、量測內容、重量濃度換算、量測範圍、自動連續量測、應答性、消耗品等項目來作說明與評估。從表中可知，以散亂光量測原理的數字型粉塵計是較符合室內空氣品質之量測目的與條件。

表3-8 浮游粉塵濃度量測儀器一覽表 [文獻 J6]

名 稱	構 成	對 象	量測內容	重量濃度換算	量測範圍 (mg/m^3)	自動連續量測	應答性	消耗品
低流量重量法	濾紙、持有人、分離器、泵、流量計、天秤	$10\mu\text{m}$ 以下的粒子全體	重量濃度(過濾捕集)		0.05以上適	否	低	濾紙、電源
多段式衝擊器	本體、玻璃板、流量計、泵、顯微鏡	$0.5\sim 100\mu\text{m}$ 的粒子	粒徑分佈及個數濃度	否		否	低	玻璃板、電源
勞研粒子塵埃計	濾紙、本體、光度計、泵、流量計	$10\mu\text{m}$ 以下的粒子全體	光學濃度(透過光)	可	$0.01\sim 0.2$	可	中	濾紙、電源、電池
數字型粉塵計	本體	$10\mu\text{m}$ 以下的粒子全體	相對濃度(散亂光)	可		可	高	電池
吸塵計2000	濾紙、本體	$10\mu\text{m}$ 以下的粒子全體	光學濃度(透過光)	可	$0.01\sim 0.2$	否	中	濾紙、電源
自動微粒子計測器	本體、記錄計	$0.3\sim 10\mu\text{m}$ 的粒子	光學的粒子徑及個數濃度	否	$0\sim 10^6$ 個/L	可	高	電源、記錄
水晶壓電法粉塵計 (壓電結晶振動法)	本體	$10\mu\text{m}$ 以下的粒子全體	重量濃度(電容量)	可	$0.01\sim 0.5$	否	中	電池

註：懸浮微粒，粒徑大於 $10\mu\text{m}$ 者，通常只在呼吸道就附著，不會進入肺部深處，但粒徑小於 $10\mu\text{m}$ 者容易進入肺部，甚至抵達肺泡，造成人體肺部產生疾病。

譬如其量測對象為 $10\mu\text{m}$ 以下的粒子，而這是對人體健康危害的粒徑對象；及以相對濃度量測方法可在現場迅速量測粉塵濃度；以及可作為自動連續量測浮游粉塵濃度，而這些條件都是能精確自動量測室內空氣中呈動態變動之浮游粉塵濃度的最佳方法。目前日本環境基準量測法與日本工業規格JIS法，在浮游粉塵濃度量測法規定，也是以散亂光法為主。經過上述初步對粉塵濃度量測法之探討，本研究在室內空氣浮游粉塵濃度之量測，可以散亂光法之數字型粉塵計為量測儀器。

散亂光法數字型粉塵計現今有四種機型，如下列：

- (1). 數字型粉塵計 P-5型
- (2). 數字型粉塵計 PCD-1型
- (3). 數字型粉塵計 AP-63型
- (4). 數字型雷射粉塵計

本研究使用之機型為數字型雷射粉塵計，其檢出器構造大樣如圖3-2所示。室內空氣經由採氣口引入，雷射二極管光源使前方散亂受光方式($145^\circ \sim 152^\circ$)，計算粉塵的相對濃度；測得之計算數值以CPM (count per minute)表示，轉換重量濃度時，則將 $1\text{CPM}=0.001\text{mg}/\text{m}^3$ 計算之。其量測時間可為0.1、1、2、5、10分鐘及任意時間設定。因其測得濃度可轉換成電壓值輸出，如與數位記錄器連線，就可自動連續記錄各瞬時電壓值。故此量測系統就是本研究欲進一步探討與檢測之自動連續量測法儀器組合連線系統架構。

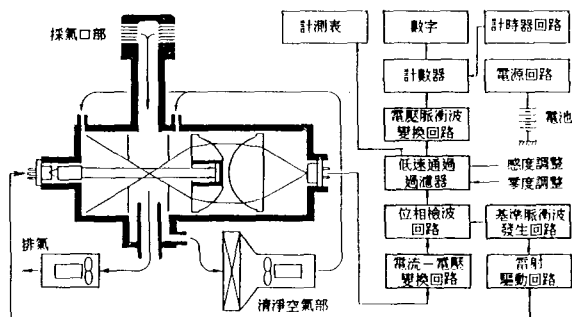


圖3-2 數字型雷射粉塵計之檢出器構造 [文獻 C33]

3-5 小結

經過上述各節有關各國室內外空氣(CO、CO₂、浮游粉塵)之管制法令、容許基準值與污染物濃度量測方法的比較探討，可整理成以下列幾點階段性結語：

1. 有關大氣空氣品質方面：

- (1). 臺灣地區環境空氣CO基準值訂為9 ppm (8小時平均值)、PM₁₀基準為0.125 mg·m³，此與美、日兩國之標準相當。(表3-1)
- (2). 除單一污染物之管制外，並以PSI (空氣污染物標準指標)來評估大氣空氣品質。(p27)
- (3). 以CNS、JIS、ASTM及ISO四項標準，就CO、浮游粉塵兩項因子的比較中顯示：ASTM與ISO均規定單一的標準量測法；CNS與JIS則較具彈性，同條規定中並列數種可行的量測法。(表3-2、表3-3)

2. 有關室內空氣品質方面：

- (1). 目前我國有關辦公建築室內空氣的管制法令，僅規定開窗之有效通風面積與機械通風設備之通風量。有關污染物濃度之規定僅有適用產業現場之勞工安全衛生法。(表3-4、表3-5)
- (2). 目前我國CNS中，尚無針對室內空氣污染物濃度的標準量測法。僅有CNS A3118號之室內換氣量測定法(CO₂法)，規定CO₂的量測方法。(表3-6)
- (3). 從執行角度來看，室內空氣污染物的測定方法應具備下列三項通則：
 - a. 靈敏度與測定濃度範圍合乎室內要求。
 - b. 具連續量測與自動分析、記錄特性。
 - c. 可攜帶型，以利現場量測。(p34~p39)
- (4). 本研究在現場測定記錄上，是應用ASM—自動連續量測法(彭定吉、江哲銘，1992.6)進行測定，ASM法完全符合上述三項有關室內空氣污染物測定方法的通則。

下一章中，將應用ASM自動連續量測法，進行現場辦公建築室內空氣影響因子之測定與評估。

第四章 臺灣地區辦公建築室內空氣品質現況調查

爲了瞭解臺灣地區辦公建築室內空氣品質的實際狀況，本研究採用兩種方式：1. 現場室內空氣污染物（CO、CO₂、PM₁₀）濃度實測、2. 實測案例室內人員主觀問卷調查，並以現場實測作為評估室內空氣品質的依據，以問卷調查作為旁證，來進行定量化評估。

在現場實測部份，本研究在CO、CO₂、PM₁₀之測定上，是以ASM自動連續量測法 [C33 彭定吉、江哲銘，集合住宅室內空氣品質（CO₂、CO、PM₁₀）現場量測方法之探討，1992,6] 進行測定與應用評估。在問卷調查部份，主要是作為現場實測有效性之背景資料，以及測試案例室內人員主觀反應之調查。

4-1 近五年臺灣地區大氣污染物濃度現況

近五年臺灣地區環境空氣品質可用PSI值來評估，表4-1 為空氣品質與PSI值的分類，依據環保署所屬10處測站的監測結果，如圖4-1所示，空氣品質為不良與極不良者（PSI > 100）佔15.1% ~ 17.3%，顯示台灣地區環境空氣品質有待改善。以環境空氣指標污染物比率來看，如圖4-2所示，主要受懸浮微粒（PM₁₀）之影響，一氧化碳（CO）次之，兩者合計以達90%，故有必要進一步探討這兩大污染物對辦公建築室內空氣品質之影響。

表4-1 環境空氣品質程度與PSI值之分類 [文獻 C23]

PSI 指標值	環 境 空 氣 品 質
0 ~ 50	良好 (Good)
50 ~ 100	普通 (Moderate)
101 ~ 199	不良 (Unhealthful)
200 ~ 299	極不良 (Very-unhealthful)
300 ~ 500	有害 (Hazardous)

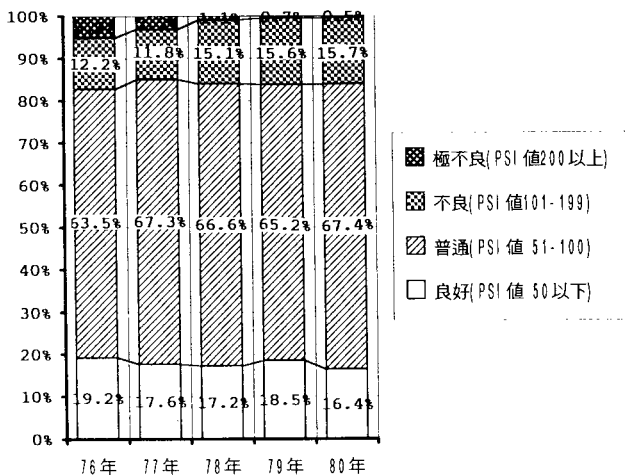


圖4-1 近五年臺灣地區環境空氣品質概況

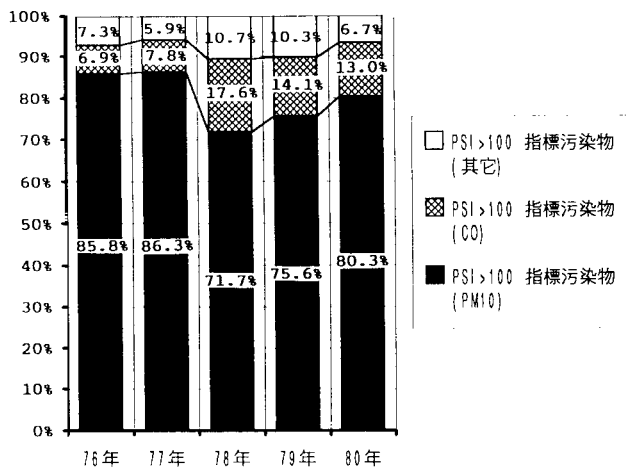


圖4-2 近五年臺灣地區空氣指標污染物比率

4-2 辦公建築室內空氣品質調查計畫

4-2-1 測定項目概要

本節將就現場測定內容做一概要說明，如表4-1所示。本研究採24小時同步自動連續記錄測定，以瞭解實測案例之污染物濃度變動狀況。以室內作業面測點（人員坐姿之呼吸帶）測定值來評估室內空氣品質現況，並就外氣引入口、空調出風口二測點的濃度變化，探討實測案例其空調系統與污染物濃度之關係。

表4-2 測試案例測定內容概要

現場測定案例		備註
測定時間	高雄A案例 81.11.04 00:00~81.11.04 24:00	24小時長時間同步自動連續測定，並依室內人員與空調運轉之有無，將使用時段區分為三段，加以探討。
	高雄B案例 81.11.06 00:00~81.11.06 24:00	
	高雄C案例 81.11.10 00:00~81.11.10 24:00	
	高雄D案例 81.11.12 00:00~81.11.12 24:00	
	81.11.13 00:00~81.11.13 24:00	
	台南A案例 81.09.29 12:00~81.09.30 12:00	
	81.10.19 12:00~81.10.20 12:00	
	台南B案例 81.12.09 00:00~81.12.09 24:00	
	台南C案例 81.12.11 00:00~81.12.11 24:00	
	台北A案例 82.02.10 00:00~82.02.10 24:00	
測定因子	台北B案例 82.02.12 00:00~82.02.12 24:00	● 主要探討因子 ■ CO 濃度 ■ CO ₂ 濃度 ■ PM ₁₀ 濃度 ● 背景因子 ■ 溫 度 ■ 濕 度 ■ 氣流風速
	台北C案例 82.02.16 00:00~82.02.16 24:00	
測點分佈與測定高度	■ P1 外氣引入口 -- 大氣或空調機室 ■ P2 空調出風口 -- 出風口下 20 cm ■ P3 室內作業面 -- FL + 90~120 cm	依室內傢俱配置條件適當選定位置
測定儀器	■ CO / CO ₂ 監測器(KITAGAWA JM260L) ■ 數字型雷射存游粉塵計(萊田LD-111) ■ 溫濕度計(VAISALA HM133) ■ KHRZ 1440 熱線風速計 ■ 數位記錄器(TEAC CR DRF1)	
取樣頻率	0.2 HZ(5秒/次)	

4-2-2 測定儀器系統

本研究採 A S M 法自動連續測定，其儀器連線系統概要如表 4-3、圖 4-3 所示。

表 4-3 室內空氣品質自動連續量測主要儀器概要 (A S M 法)

量測項目	量測儀器	構成	量測原理	量測範圍
1 CO 濃度	CO、CO ₂ 監測器	本體	定電位電解法	0~150 ppm
2 CO ₂ 濃度		捕氣裝置 標準氣體	非分散型紅外線吸收法	0~5000 ppm
3 PM ₁₀ 濃度	雷射粉塵計	本體	散亂光方式(相對濃度)	0~1 mg/m ³
自動化記錄	數位記錄器	本體	電壓信號接收	1、2.5、5 V

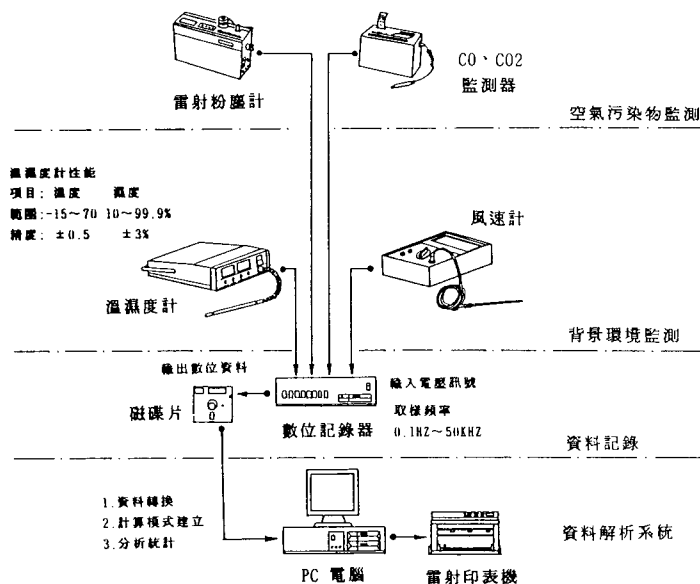


圖 4-3 辦公建築室內空氣品質測定儀器連接系統圖 (A S M 法)

4-2-3 問卷調查內容

本文問卷內容主要分為兩部份，1. 個人基本資料、2. 主觀意見調查。問卷實例與個人基本資料之統計請見附錄五。本問卷調查共12題，主要針對下列幾個項目而設計。

1. 個人基本資料：包括年齡、性別、職稱、平均每日在辦公室時間、在目前辦公室工作時間、是否在辦公室內抽煙等項。
2. 主觀意見調查：主觀意見調查共有六道題目，為使填表易於回答及分析方便性，除第六題外其餘問卷題目均以五分位表示之。分述如下：

- (1). 對辦公室內落塵量感覺程度：尺度以「很少」為 1，「很多」為 5，「沒留意」為 0。

1 2 3 4 5 0
☐ 很少 ☐ 少 ☐ 普通 ☐ 多 ☐ 很多 ☐ 沒留意

- (2). 對辦公室內落塵量滿意程度：尺度以「很滿意」為 1，「很不滿意」為 5，「沒留意」為 0。

1 2 3 4 5 0
☐ 很滿意 ☐ 滿意 ☐ 適中 ☐ 不滿意 ☐ 很不滿意 ☐ 沒留意

- (3). 在辦公室內是否經常有頭痛、喉嚨痛、疲倦、身體不適感覺：尺度以「沒有」為 1，「每天有」為 5，「沒留意」為 0。

1 2 3 4 5 0
☐ 沒有 ☐ 很少有 ☐ 偶爾有 ☐ 經常有 ☐ 每天有 ☐ 沒留意

- (4). 身體不適原因：

1 2 3 4 5
☐ 噪音 ☐ 空氣污染 ☐ 光線不當 ☐ 溫度不適 ☐ 不清楚

- (5). 對辦公室室內空氣品質之滿意程度：尺度以「很滿意」為 1，「很不滿意」為 5，「沒留意」為 0。

1 2 3 4 5 0
☐ 很滿意 ☐ 滿意 ☐ 適中 ☐ 不滿意 ☐ 很不滿意 ☐ 沒留意

- (6). 不滿意時之改善對策：（自由填答）。

4-2-4 測試案例境界條件

挑選高雄、台南及台北共計十棟辦公建築案例，測試案例境界條件如表4-4所示。

表4-4 測試案例基本資料

建物編號	高雄 A 大樓	高雄 B 大樓	高雄 C 大樓	高雄 D 大樓	台南 A 大樓
完工年代	79 年	77 年	76 年	81 年	79 年
建築樓層	12F B2	17F B2	20F B2	37F B5	24F B3
量測樓層	3F	15F	6F	15F	14F
主要構造	RC 柱樑式構造 木構造輕隔間	SRC 柱樑式構造 木構造輕隔間	RC 柱樑式構造 木構造輕隔間	SS 柱樑式構造 石膏板輕隔間	SS RC 柱樑式 木構造輕隔間
人員密度	平均 15.1 人	平均 9.0 人	平均 31.7 人	平均 25.0 人	平均 8.2 人
量測空間 室內面積	193 m ²	139 m ²	380 m ²	354 m ²	131 m ²
量測空間 室內容積	105.3 m ³	326.7 m ³	874.0 m ³	878.0 m ³	311.8 m ³
空調換氣 系統	F C U 系統	F C U 系統 + 風管 (引入外氣)	A H U 系統	F C U 系統 + 風管 (引入外氣)	F C U 系統 + 風管 (引入外氣)
室內裝修	地坪: PVC 地磚 牆面: 刷水泥漆 布面(1/2 隔板) 天花: 礦纖板	地坪: PVC 地磚 牆面: 刷水泥漆 天花: 玻璃棉外 貼塑膠層	地坪: PVC 地磚 牆面: 刷水泥漆 天花: 礦纖板	地坪: 方塊地毯 牆面: 貼壁紙 石膏板 天花: 礦纖板	地坪: 方塊地毯 牆面: 刷水泥漆 布面(1/2 隔板) 天花: 礦纖板
建物編號	台南 B 大樓	台南 C 大樓	台北 A 大樓	台北 B 大樓	台北 C 大樓
完工年代	79 年	79 年	70 年	76 年	78 年
建築樓層	16F B2	22F B2	27F B4	27F B5	23F B3
量測樓層	15F	12F	16F	17F	13F
主要構造	RC 柱樑式構造 木構造輕隔間	RC 柱樑式構造 木構造輕隔間	SS 柱樑式構造 木構造輕隔間	SS 柱樑式構造 石膏板輕隔間	SS 柱樑式構造 木構造輕隔間
人員密度	平均 24.9 人	平均 8.0 人	平均 15.8 人	平均 52.0 人	平均 4.5 人
量測空間 室內面積	365 m ²	174 m ²	663 m ²	766 m ²	62 m ²
量測空間 室內容積	905.2 m ³	403.7 m ³	1710.5 m ³	2068.2 m ³	154.1 m ³
空調換氣 系統	F C U 系統 + 風管 (引入外氣)	F C U 系統	A H U 系統	A H U 系統	A H U 系統
室內裝修	地坪: 方塊地毯 牆面: 刷水泥漆 布面(1/2 隔板) 天花: 礦纖板	地坪: 方塊地毯 牆面: 刷水泥漆 布面(1/2 隔板) 天花: 礦纖板	地坪: PVC 地磚 牆面: 貼壁紙 天花: 礦纖板	地坪: 方塊地毯 牆面: 刷水泥漆 布面(1/2 隔板) 天花: 礦纖板	地坪: PVC 地磚 牆面: 木質美耐 板 布面(1/2 隔板) 天花: 礦纖板

4-3 辦公建築室內空氣品質測定結果比較分析

在測定結果評估方式：由個案歷時變動分析，探討上班時段與非上班時段之污染物濃度變化，表4-5 為時段設定與使用狀態之關係。由平均值綜合比較分析，探討個案間之差異以及與美、日兩國基準值之比較。由不同時段之污染物變動分析，探討各測點在不同時段之差異現象。由污染物濃度與室內人員氣積之分析，探討各案室內人員氣積之分佈，及與污染物濃度之關係。由污染物濃度與空調系統換氣量之分析，探討平均每人換氣量之最小值及其與污染物濃度之關係。由各案以 PSI_i (*1) 評估，探討 PSI_i 之適用性與室內空氣指標污染物別。

表4-5 時段設定與使用狀態關係表

時段設定	室內人員	空調狀態	備註(污染源)
時段 1 08:00-18:00	有	運轉	人員+ 空調+ 傢俱 + 辦公事務用機器
時段 2	無	運轉	空調+ 傢俱 + 辦公事務用機器
時段 3	無	停止	傢俱 + 辦公事務用機器
整日 00:00-24:00			24小時綜合評估

4-3-1 污染物濃度歷時變動分析 (四例)

在測定過程中為瞭解室內空氣污染源發生狀況、為探討案例之濃度值變動原因以及掌握室內空氣污染源狀態，應先探討污染物濃度之歷時變動，並在測試進行中，針對其室內外環境及人員的變動情形，詳加調查。以下將就特殊具代表性的四個案例，提出作歷時變動探討。分別敘述如下：

*1 PSI_i 是指由 CO 、 CO_2 、 PM_{10} 三項污染物來評估室內空氣品質。其中 CO 、 PM_{10} 由外氣 PSI 之折線方程式換算； CO_2 因子則以其與病態建築物症候之關係，換算成 PSI_i 副指標值。

1. 高雄 B 大樓歷時變動分析：

(1). CO₂ 濃度

① 如圖 4-4 所示，空調出風口較室內作業面之濃度高約 100 ppm，兩者變動趨勢相當接近，而空調出風口濃度較室內作業面濃度。由於該大樓採用 FCU 空調系統，在外氣的考慮上雖有裝設外氣引入風管，但在測定當天並無啟動使用，使得室內的空氣只有經由天花板內部的風圈個機作簡易的過濾循環，加上其室內人員有 27 抽煙，由於有局部性污染源，使得其室空氣分佈較不均一，加上測點採樣位置關係，使得其空調出風口濃度較室內作業面高。而 CO₂ 濃度隨著人員的變動在上班時間有二段明顯的峰值，中間 13 時其濃度低下是因為中午休息，人員減少所致。而在接近下班時間 17~18 時人員明顯增加，使得測定 CO₂ 濃度達到一天當中的最高值約在 1030 ppm 左右。而 18 時以後人員完全離開使得其濃度成現衰減現象，到下日上班前約只有 560~640 ppm 左右。

② CO₂ 濃度測定最大值、最小值、平均值與設定時段比較，如圖 4-5 所示，上班時段（時段 1）空調出風口與室內作業面差距頗大，平均值相差 73ppm，時段 1 與時段 2 約有 70ppm 差距，而時段 2 與時段 3 約有 150 ppm 差距，顯示其室內空氣在各時段的變動幅度並不明顯。其原因主要是上班時段內部有人員吸煙，使得濃度的衰減情形較不明顯。

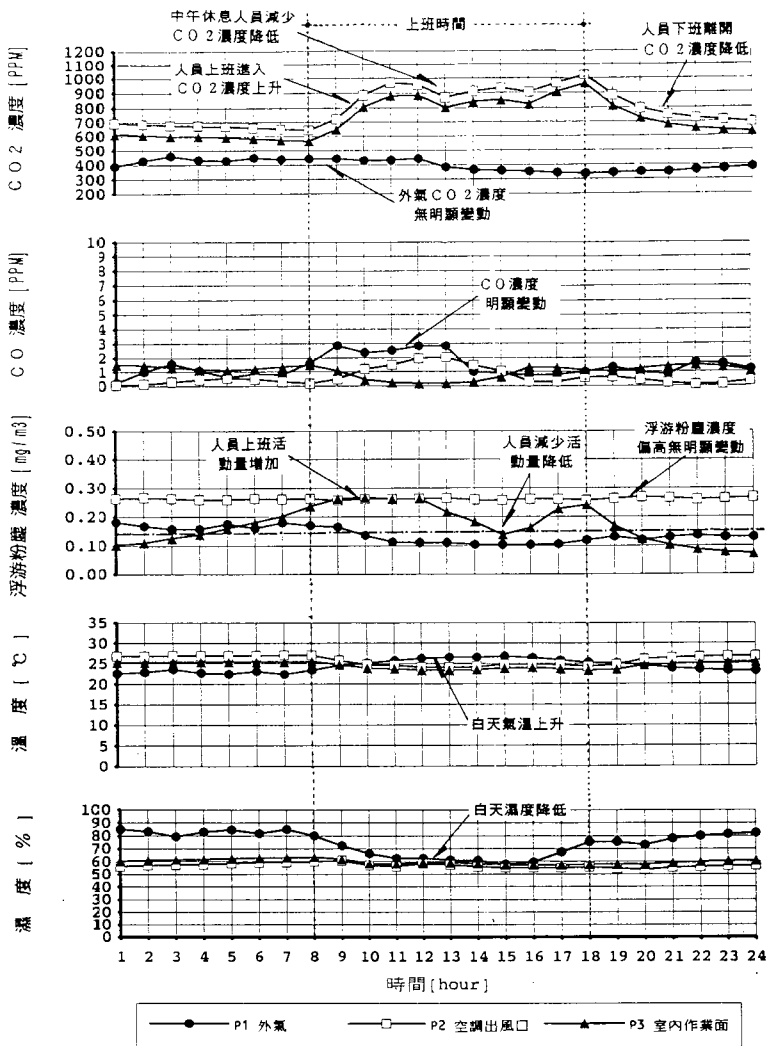
(2). CO 濃度

① 如圖 4-4 所示，測定當天外氣在 9 時至 13 時左右 CO 濃度升高至 2.5~3ppm，其餘時間無明顯的變動。空調出風口及室內作業面均成現較平緩的狀況，且濃度值相當低約只有 1ppm 左右。

② CO 濃度測定最大值、最小值、平均值與設定時段比較，如圖 4-5 所示，除了在外氣的時段 1 及時段 3 有比較大的變化外（最大值分別約 7 ppm 及 3 ppm），其餘各時段均無明顯變動。其原因可能受外環境交通及風向影響所致。

(3). 浮游粉塵濃度

① 如圖 4-4 所示，外氣在夜間時段有較大的變動且濃度值偏高在 0.15mg/m³ 以上，而室內空調出風口及室內作業面其變動情形差距頗大。室內空調出風口濃度成現平穩狀況且濃度值相當高，在 9 時~12 時及 18 時有較明顯峰值，高達 0.26 mg/m³，高於美、日室內基準值



測定日期: 81.11.08 00:00~24:00

人員密度: 平均 9.0 人

室內面積: 139 m²

空調系統: F C U 系統 + 風管 (引入外氣)

[但測定日無啟動]

取樣頻率: 0.2 HZ (5秒/次)

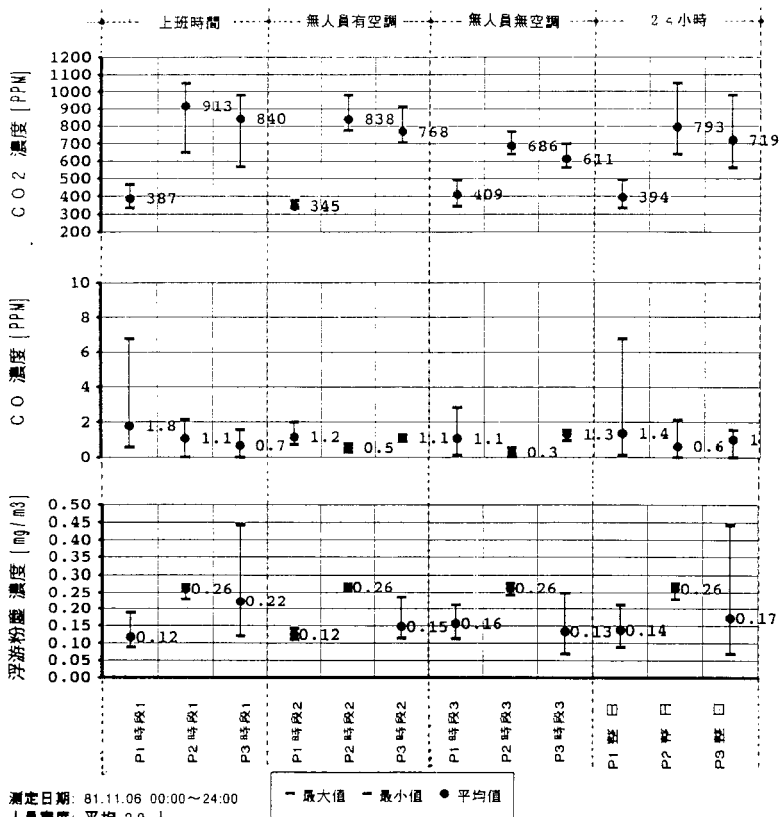
資料顯示: 1 小時平均值

室內裝修: 地坪 PVC 地磚

牆面: 刷水泥漆

天花: 玻璃棉外貼塑膠層

圖 4-4 高雄 B 大樓測定因子歷時變動分析



測定日期: 81.11.06 00:00~24:00

人員密度: 平均 9.0 人

室內面積: 139 m²空調系統: F C U系統+風管(引入外氣)
[但測定日無啟動]

取樣頻率: 0.2 Hz (5秒/次)

資料顯示: 最大值, 最小值 [取樣各時段10分鐘平均值]
平均值 [取樣各時段 1 小時平均值]室內裝修: 地坪:PVC 地磚
牆面: 刷水泥漆
天花: 玻璃棉外貼塑膠層
P 1 測點: 外氣
P 2 測點: 空調出風口
P 3 測點: 室內作業面

圖4-5 高雄B大樓測定因子與設定時段變動分析

0.15 mg/m³ 甚多。其原因可能因為採用玻璃棉外貼塑膠層作為天花板，又其空調系統為F C U方式，因為F C U在天花板內部攪動引起所致，另外其內部人員有 27 吸煙。而室內作業面變動情形，受人員活動影響。是故針對此一問題特別於密閉空間「成功大學建築研究所音響實驗室」進行材料的檢測，檢測分析資料結果如表4-6 所示。可

見玻璃棉天花板對浮游粉塵濃度有影響，從 0.002mg m^{-3} ~ 0.009mg m^{-3} 之間。此檢驗測試只有一片試體面積為 0.36 m^2 ，而本案例共計使用約220片此天花板，故可得知其浮游粉塵濃度偏高主要原因，乃是因為採用玻璃棉天花板所致。

② 浮游粉塵濃度測定最大值、最小值、平均值與設定時段比較如圖4-5所示，外氣及室內作業面均有較明顯的變化，特別是室內作業面在上班時段最大值竟高達 0.45mg m^{-3} ，遠超過基準值甚多，其原因如前所述，由於天花板材料與室內人員吸煙及人員活動影響所致。而室內空調出風口在各時段無明顯差異，為 0.26 mg m^{-3} ，表示室內空氣浮游粉塵濃度不因各時段變動，而有所有差異。致於室內作業面時段1與時段2及時段3計有 0.07 mg m^{-3} 及 0.09 mg m^{-3} 差距，主要乃受人員活動影響所致。

表4-6 玻璃棉天花板於實驗室檢測浮游粉塵濃度結果

項 目			P1 測 點 (風扇前)	P2 測 點 (玻璃棉天花板後)
無風	無玻璃棉天花板	浮游粉塵濃度 (mg m^{-3})	0.022	0.026
		風 速 (公尺/秒)	0.007	0.004
	有玻璃棉天花板	浮游粉塵濃度 (mg m^{-3})	0.028	0.035
		風 速 (公尺/秒)	0.007	0.003
扇	玻璃棉天花板影響	浮游粉塵濃度 (mg m^{-3})	0.006	0.009
有風	無玻璃棉天花板	浮游粉塵濃度 (mg m^{-3})	0.016	0.023
		風 速 (公尺/秒)	4.351	2.930
	有玻璃棉天花板	浮游粉塵濃度 (mg m^{-3})	0.018	0.026
		風 速 (公尺/秒)	0.026	3.458
扇	玻璃棉天花板影響	浮游粉塵濃度 (mg m^{-3})	0.002	0.003

2. 高雄 D 大樓歷時變動分析：

(1). CO₂ 濃度

① 如圖4-6 所示，空調出風口和室內作業面之 CO₂ 濃度變動約有 100 ppm 差距。其原因是因為室內人員分佈有不均情形，室內有使用較高半隔板設置分區，而且空調出風口之測點接近會議討論區，且該區使用頻率頗高。另外此空調出風口測點僅是循環室內空氣的風機，沒有外氣引入。而靠近室內作業面測點附近出風口有外氣引入，是故使得本案例其空調出風口濃度較作業面濃度高。但是基本上其濃度的變動情形是相一致的，隨著人員的變動在上班時間有明顯的峰值，特別是在下班前的 17~18 時由於人員的增加（約 15 人左右），使得濃度達到一天當中的最高值約 1130 ppm。19 時以後人員完全離開使得其濃度成現衰減現象，到下日上班前約 500~600 ppm 左右。

② 假日與非假日比較，如圖4-7 所示，0 之水平線為假日時濃度基準線，而把非假日和假日濃度值相減作歷時描點比較。在非上班時段無明顯差距，而上班時段室內作業面之 CO₂ 濃度約有 200~400 ppm 差距，空調出風口約有 400~600 ppm 差距。其兩者間相差 200 ppm，其原因如前所述。而室內作業面在 20~24 時呈現負值，主要是在非假日測日，此時段空調系統有啟動，造成其較假日同時段濃度值為低現象。

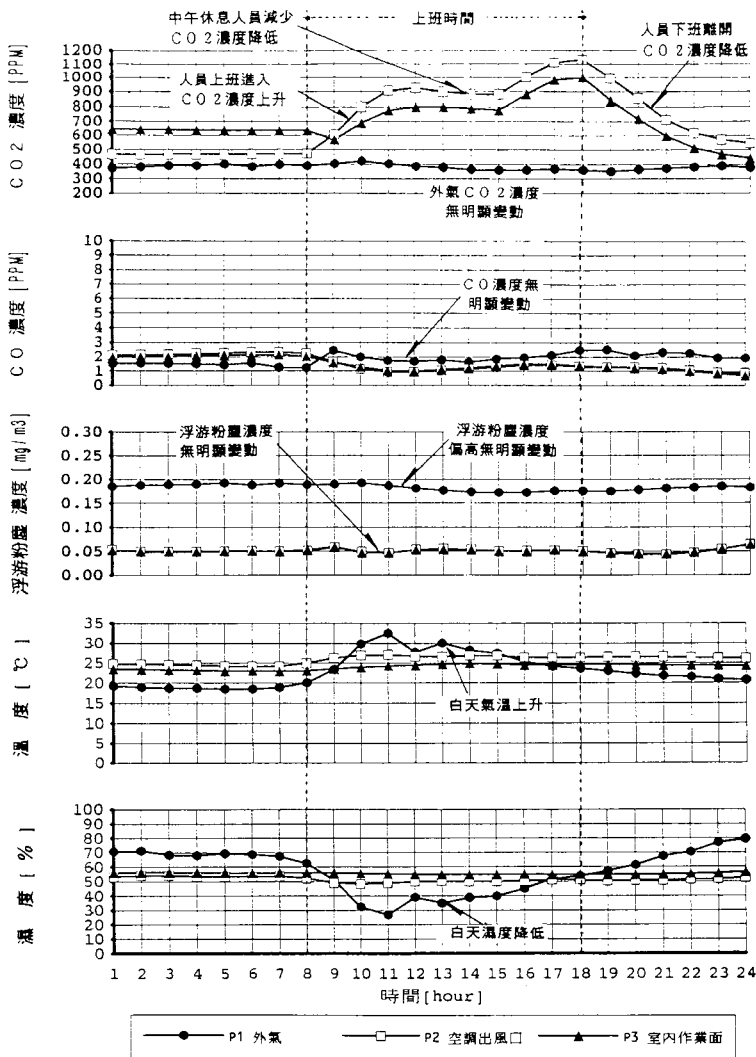
③ CO₂ 濃度測定最大值、最小值、平均值與設定時段比較如圖4-8 所示，上班時段其空調出風口與室內作業面平均值相差 100 ppm，其原因如前所述。而時段 1 與時段 3 其空調出風口約有 400 ppm 差距，室內作業面也有 200 ppm 差距，表示室內空氣在各時段的變動較大，也就是人員和空調有無成現較明顯變化。

(2). CO 濃度

① 如圖4-6 所示，外氣在 9 時以後較室內測點高出約 1 ppm 左右，其餘時間無明顯的變動。空調出風口及室內作業面均成現較平緩變動，且變動情形趨勢相同。

② 假日與非假日比較，如圖4-7 所示，0 之水平線為假日時濃度基準線，把兩者濃度差值作歷時描點比較，其相差不大。

③ CO 濃度測定最大值、最小值、平均值與設定時段之比較如圖4-8 所示，除了時段 1 與時段 2 外氣較室內測點高約 1 ppm 左右外，其餘各時段均無明顯變動。



測定日期: 81.11.12 00:00~24:00

人員密度: 平均 25.0 人

室內面積: 354 m²

空調系統: F C U 系統 + 風管 (引入外氣)

取樣頻率: 0.2 HZ (5秒/次)

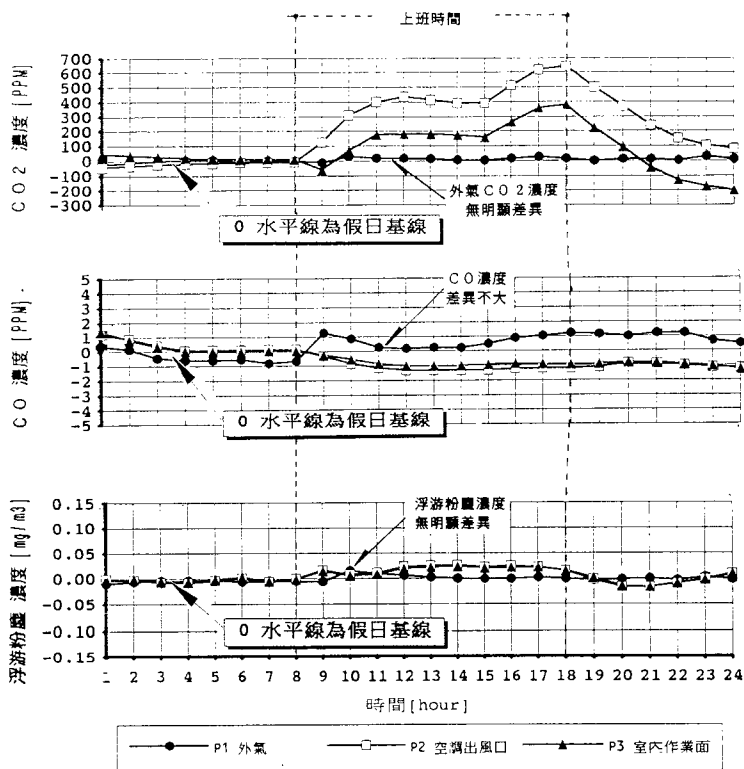
資料顯示: 1 小時平均值

室內裝修: 地坪: 方塊地毯

牆面: 貼壁紙 石膏板

天花: 礦纖板

圖 4-6 高雄 D 大樓測定因子歷時變動分析



測定日期: 非假日 81.11.12 00:00~24:00

假日 81.11.13 00:00~24:00

人員密度: 非假日平均 25.0 人

假日 0 人

室內面積: 354 m²

空調系統: F C U 系統 + 風管 (引入外氣)

取樣頻率: 0.2 HZ (5秒/次)

資料顯示: 1 小時平均值

室內裝修: 地坪: 方塊地毯

牆面: 貼壁紙 石膏板

天花: 礦纖板

圖 4-7 高雄 D 大樓非假日與假日測定因子歷時變動比較

(3). 浮游粉塵濃度

① 如圖 4.6 所示, 外氣與室內測點其變動情形不大, 均成現平緩穩定狀況。外氣濃度約在 $0.17\text{mg}/\text{m}^3 \sim 0.19\text{mg}/\text{m}^3$ 之間, 高出美、日室內基準值 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 甚多, 而空調出風口與室內作業面濃度約 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 左右, 由此可知其外氣污染情形相當嚴重, 但由於引入外氣有適當過濾處理, 且該大樓剛落成啓用。使得室內濃度能維持在 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 左右, 和室外濃度相比較有 $0.13\text{mg}/\text{m}^3$ 差距。

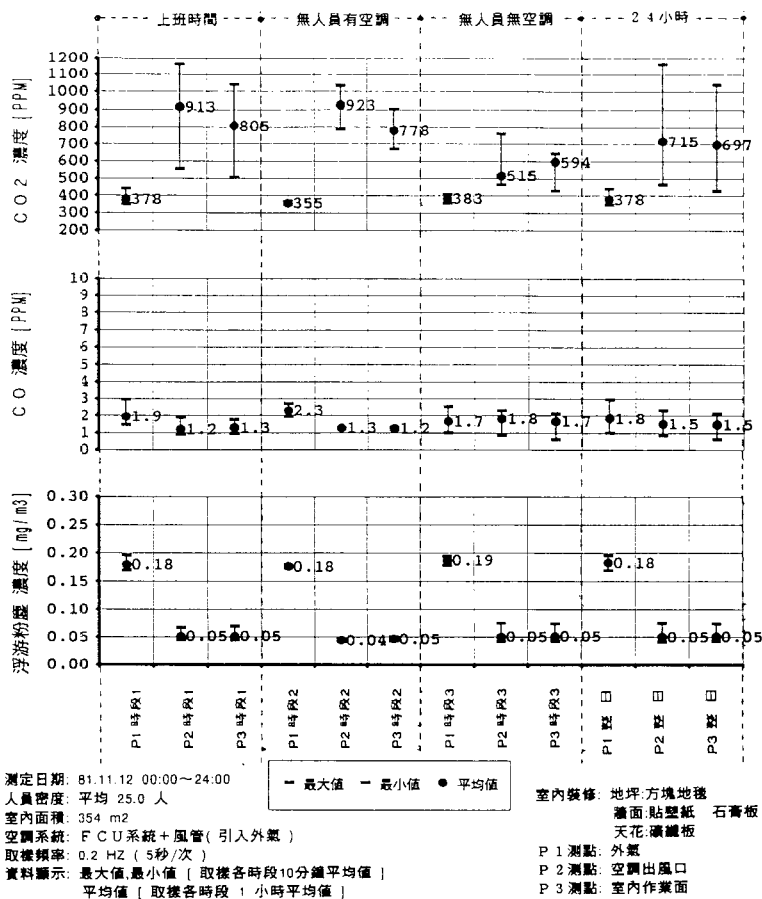


圖 4-8 高雄 D 大樓測定因子與設定時段變動分析

② 假日與非假日比較，如圖 4-7 所示，0 之水平線為假日時濃度基準線，把兩者濃度差值作歷時描點比較，其相差不大。最大部份約 0.02 mg/m³ 左右。

③ 浮游粉塵濃度測定最大值、最小值、平均值與設定時段比較如圖 4-8 所示，外氣濃度較室內測點在各時段均高出約有 0.13 mg/m³。而其他各測點在各時段上均無明顯的變化差異，表示其空氣呈現較穩定狀況，無其他較顯著污染源。

3. 台南 A 大樓歷時變動分析：

(1). CO₂ 濃度

① 如圖4-9 所示，空調出風口和室內作業面之 CO₂ 濃度變動相當接近，由於該大樓採用 F C U 空調系統，在外氣的考慮上雖有裝設外氣引入風管，但為了節約能源的考慮，平常均不啟動外氣引入風管；使得室內的空氣只有經由天花板內部的風圈個機作簡易的過濾循環，是故其 CO₂ 濃度並無明顯的不同，另外也顯示其室內空氣流通混合情形較佳，原因在於其室內有開啓兩部風扇，使得室內濃度分佈較均一。而 CO₂ 濃度隨著人員的變動在上班時間有明顯的峰值，在下午 13~14 時 CO₂ 濃度達到一天當中的最高值約 1100 ppm。而 18 時以後人員完全離開使得其濃度成直線衰減現象，而凌晨 3 時到上班前成現較平緩穩定狀況約只有 520 ppm 左右。

② 啓、閉外氣引入風管比較，如圖4-10所示，0 之水平線為啟動外氣引入風管時其濃度基準線，而把關閉外氣風管其濃度和開啓時濃度值相減作歷時描點比較。其在上班時段上有比較明顯差異，最大值達到 200 ppm，而在非上班時間較無明顯差異。姑且不討論其原先設計外氣引入量的問題，光就其設備是否啟動就有約 200 ppm 的差異，足見外氣引入對室內空氣其 CO₂ 濃度的影響程度。

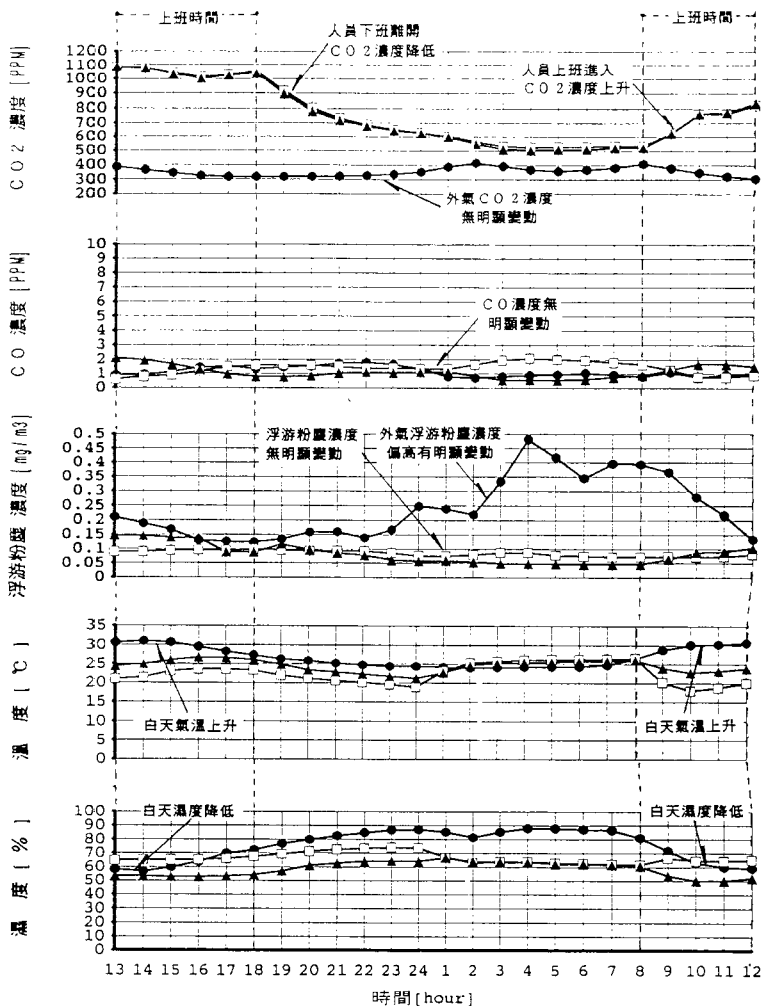
③ CO₂ 濃度測定最大值、最小值、平均值與設定時段比較如圖4-11所示，各時段其空調出風口與室內作業濃度相當接近。在時段變動方面，時段 1 與時段 2 約有 200 ppm 差距，而時段 2 與時段 3 也有 200 ppm 差距，表示其室內空氣在各時段的變動幅度相當明顯。足見其主要影響在於人員、空調的有無。此案例由於測試單位較配合在時段設定上的空調控制（時段 2 有四個小時，其他案例只有 1-2 小時），故其時段差異較為明顯。

(2). CO 濃度

① 如圖4-9 所示，外氣、空調出風口及室內作業面均成現較平緩的狀況，且濃度值相當低均在 2ppm 以下。

② 啓、閉外氣引入風管比較，如圖4-10所示，0 之水平線為啟動外氣引入風管時其濃度基準線，而把關閉外氣風管其濃度和開啓時濃度值相減作歷時描點比較。其外氣、空調出風口及室內作業面雖有 1~1.5 ppm 差異，但由於本身濃度值已經不高，故其差異並不重要。

③ CO 濃度測定最大值、最小值、平均值與設定時段之比較，如圖4-11所示，各測點名時段均無明顯變動差異。



測定日期: 81.09.29 12:00~09.30 12:00

人員密度: 平均 8.2 人

室內面積: 131 m²

空調系統: FCU系統+風管(引入外氣)

[但測定日無啟動]

取樣頻率: 0.2 HZ (5秒/次)

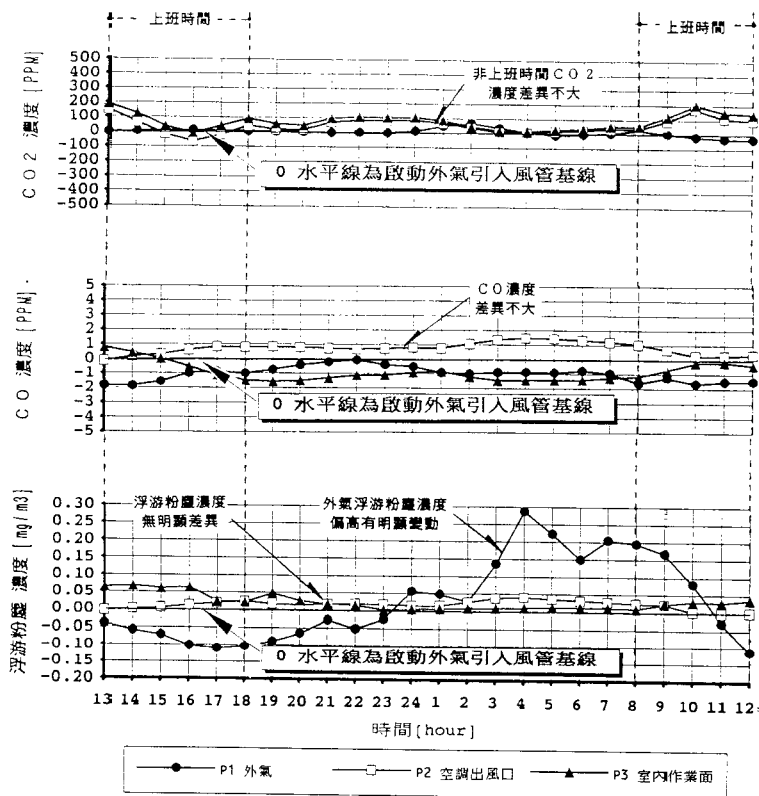
資料顯示: 1 小時平均值

室內裝修: 地坪: 方塊地毯

牆面: 刷水泥漆 布製窗簾 布面OA半隔板

天花: 藻絨板

圖 4-9 台南 A 大樓測定因子歷時變動分析



測定日期: 關閉外氣日 81.09.29 12:00~09.30 12:00

啟動外氣日 81.10.19 12:00~10.20 12:00

人員密度: 平均 8.2 人

室內面積: 131 m²

空調系統: 關閉外氣日-F C U 系統

啟動外氣日-F C U 系統+風管(引入外氣)

取樣頻率: 0.2 HZ (5秒/次)

資料顯示: 1 小時平均值

室內裝修: 地坪:方塊地磚

牆面:刷水泥漆 布製窗簾 布面OA半隔板

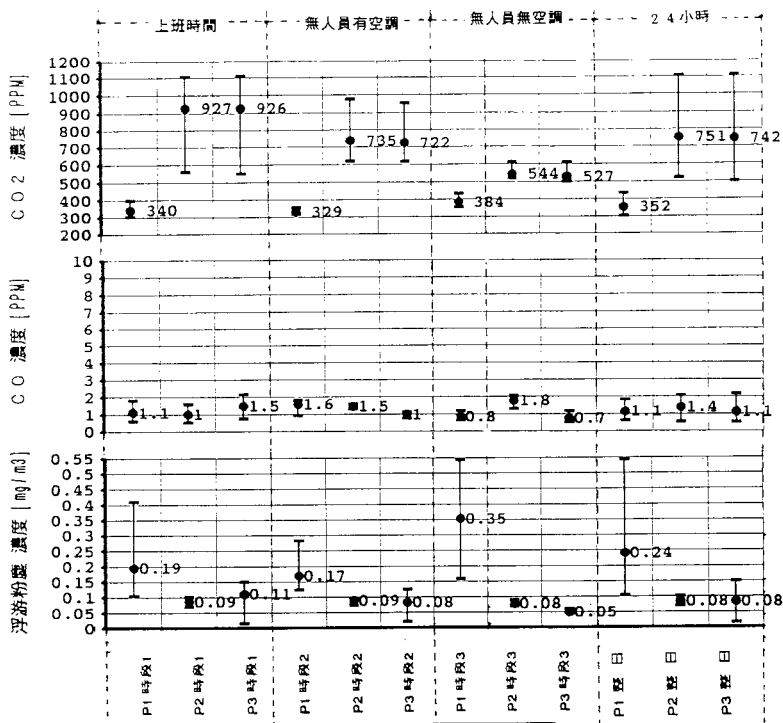
天花:礦纖板

圖 4-10 台南 A 大樓啓、閉外氣引入風管歷時變動比較

(3). 浮游粉塵濃度

① 如圖 4-9 所示，外氣在夜間時段有很大的變動且濃度值偏高，最高達到 0.48mg/m³，高出美、日室內基準值 0.15mg/m³ 甚多。而室內空調出風口及室內作業面其變動情形較相近，且無明顯的變動。其濃度值約在 0.1 mg/m³ 以下。

② 啓、閉外氣引入風管比較，如圖 4-10 所示，0 之水平線為啟動外氣引入風管時其濃度基準線，而把關閉外氣引入風管其濃度和關閉



測定日期: 31.09.29 12:00~09:30 12:00

人員密度: 平均 8.2 人

室內面積: 131 m²

空調系統: F C U系統+風管(引入外氣)
[但測定日無啟動]

取樣頻率: 0.2 HZ (5秒/次)

資料顯示: 最大值,最小值 [取樣各時段10分鐘平均值]
平均值 [取樣各時段1小時平均值]

室內裝修: 地坪:方塊地毯

牆面:刷水泥漆 布製窗簾

布面OA半隔板

天花:藻纖板

P1測點: 外氣

P2測點: 空調出風口

P3測點: 室內作業面

圖4-11 台南A大樓測定因子與設定時段變動分析

時濃度值相減作歷時描點比較。除外氣測點在13~16時其室內作業面有明顯的差異外，其餘時間較不明顯，均在 0.03 mg/m³以內。

③ 浮游粉塵濃度測定最大值、最小值、平均值與設定時段之比較如圖4-11所示，除了外氣有較明顯的變化外，室內空調出風口與室內作業面並無明顯的不同，其濃度平均值介於 0.08mg/m³~0.11 mg/m³之間，室內作業面在時段1及時段2變動情況較大，介於 0.01mg/m³~0.15 mg/m³之間，主要是受人員活動的影響所致。

4. 台北 C 大樓歷時變動分析：

(1). CO₂ 濃度

① 如圖4-12所示，外氣、與室內空調出風口和作業面之CO₂濃度變動相當接近，該大樓雖然採用AHU空調系統，但在回風的考慮上，於空調機械室是以風扇正壓方式，由室內各點配管引入回風，並無引管回風至空調箱中。是故在機械室受到回風正壓的影響，且在外氣引入上並沒有裝設風扇引入風管，只有在機械室外牆面上開設百葉，藉由室外的風壓引入新鮮空氣，故其引入外氣風量相當有限，因而造成各測點CO₂濃度值偏高現象。至於室內空調出風口與室內作業面變動情形相近且差值不大，表示室內空氣其濃度分佈甚為均勻，混合情形較佳所致。而CO₂濃度隨著人員的變動在上班時間有明顯的峰值，分別在12時及15時達到一天當中的最高值 800 ppm，在中間13時~14時其濃度低下是因為中午休息人員減少所致。21~22時可能因有人員加班而使得CO₂濃度有些許的上升，而23時以後人員完全離開使得其濃度成現衰減現象，到下日上班前約 560 ppm左右。

② CO₂濃度測定最大值、最小值、平均值與設定時段之比較，如圖4-13所示，上班時段（時段1）空調出風口與室內作業面差距不大，平均值只有相差 23ppm，時段1與時段3約有 105ppm~120ppm 差距，而外氣（此測點置於空調箱中過濾網前面）與室內測點在時段1與時段2只有約 40 ppm 差距，表示其室內外空氣在各時段的變動幅度並不明顯。而其原因如前所述，主要是受回風壓力與外氣引入量不足的影響。

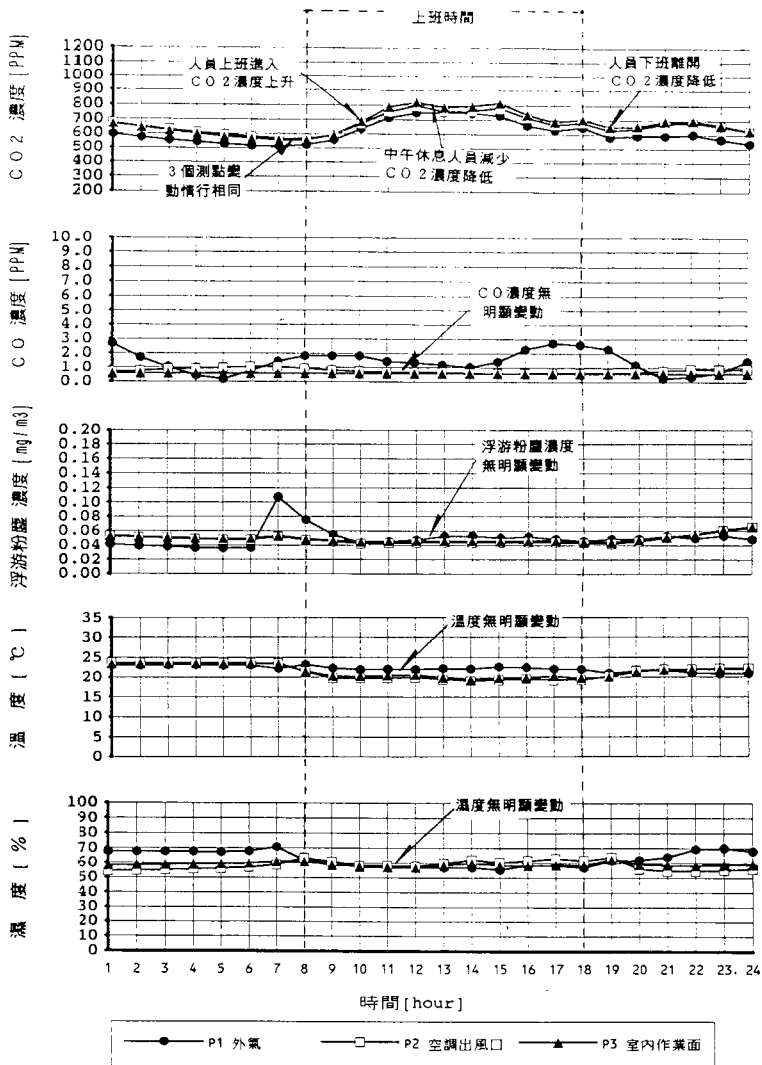
(2). CO 濃度

① 如圖4-12所示，測定當天外氣（此測點置於空調箱中過濾網前面）有較明顯變動，可能受大樓內部其他空間和空調機械室由於設備機器運轉使用，使得在 8時~19時其濃度值較高，在 1~2.7 ppm 之間。空調出風口及室內作業面均成現較平緩的狀況，且濃度值相當低均在 1 ppm以下。

② CO濃度測定最大值、最小值、平均值與設定時段之比較，如圖4-13所示，除了在外氣的時段1及時段3有比較大的變化外（最大值約 3 ppm），其餘各時段各測點均無明顯變動。

(3). 浮游粉塵濃度

① 如圖4-12所示，除了外氣（此測點置於空調箱中過濾網前面）



測定日期: 82.02.16 00:00~24:00

人員密度: 平均 4.5 人

室內面積: 62 m²

空調系統: A H U系統

取樣頻率: 0.2 HZ (5秒/次)

資料顯示: 1 小時平均值

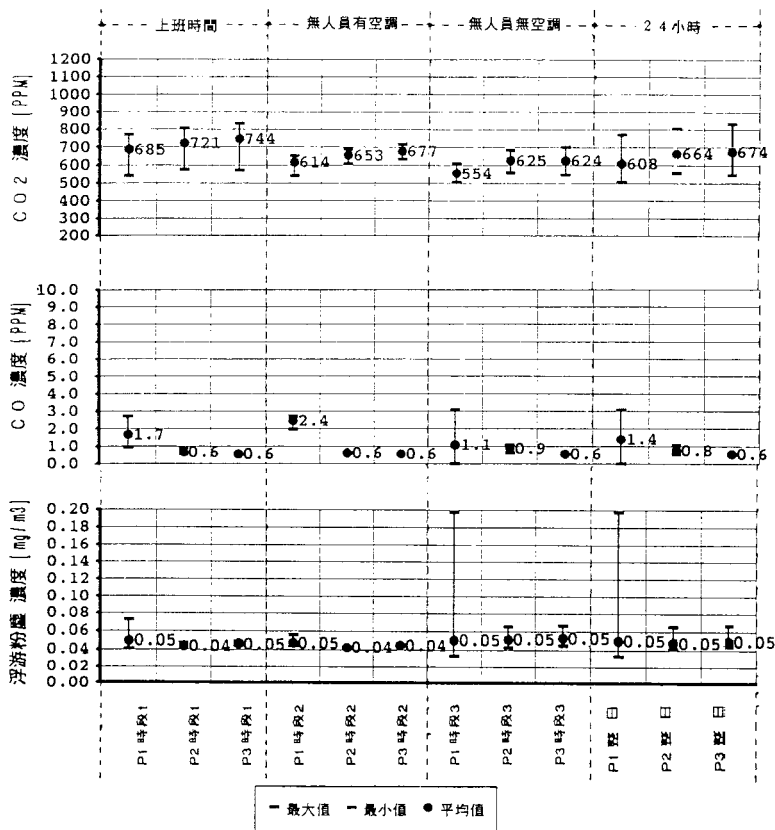
室內裝修: 地坪:PVC 地磚

牆面:木質美耐板 布面OA半隔板

天花:礦纖板

外氣測點: [此測點置於空調箱中過濾網前面]

圖 4-12 台北 C 大樓測定因子歷時變動分析



測定日期: 82.02.16 00:00~24:00

人員密度: 平均 4.5 人

室內面積: 62 m²

空調系統: A H U 系統

取樣頻率: 0.2 HZ (5秒 / 次)

資料顯示: 最大值, 最小值 [取樣各時段 10分鐘平均值]

平均值 [取樣各時段 1 小時平均值]

室內裝修: 地坪:PVC 地磚

牆面:木質美耐板 布面OA半隔板

天花:藻絨板

P 1 測點: 外氣 [此測點置於空調箱中過濾網前面]

P 2 測點: 空調出風口

P 3 測點: 室內作業面

圖4-13 台北C大樓測定因子與設定時段變動分析

在 7 時有明顯變化外，其餘各時段在 0.04mg/m³~0.06mg/m³ 之間。

② 浮游粉塵濃度測定最大值、最小值、平均值與設定時段比較，如圖 4 13所示，除外氣在時段 3 有較明顯的變化外，峰值達到 0.20 mg/m³ 外。其餘時段和室內空調出風口及室內作業面並無明顯的不同，其濃度平均值介於 0.04 mg/m³ ~ 0.05 mg/m³ 之間。

4-3-2 污染物濃度平均值綜合比較分析

在本節中，將就各個案例上班時段之污染物濃度平均值，與美、日兩國的室內基準值作比較。並探討上班時段之室內外測點差值，以瞭解測試案例室內空氣污染物濃度狀況及來源。

1. 各案例上班時段污染物濃度綜合比較：

(1). CO₂ 濃度測定平均值

① 如圖4-14-A所示，各測定案例之測點CO₂濃度，其P2空調出風口與P3室內作業面平均值甚為接近。各測點上班時段平均值均在美、日基準值1000 ppm以下；但高雄D大樓與台南A大樓其最大值均超過CO₂濃度1000 ppm的基準值。

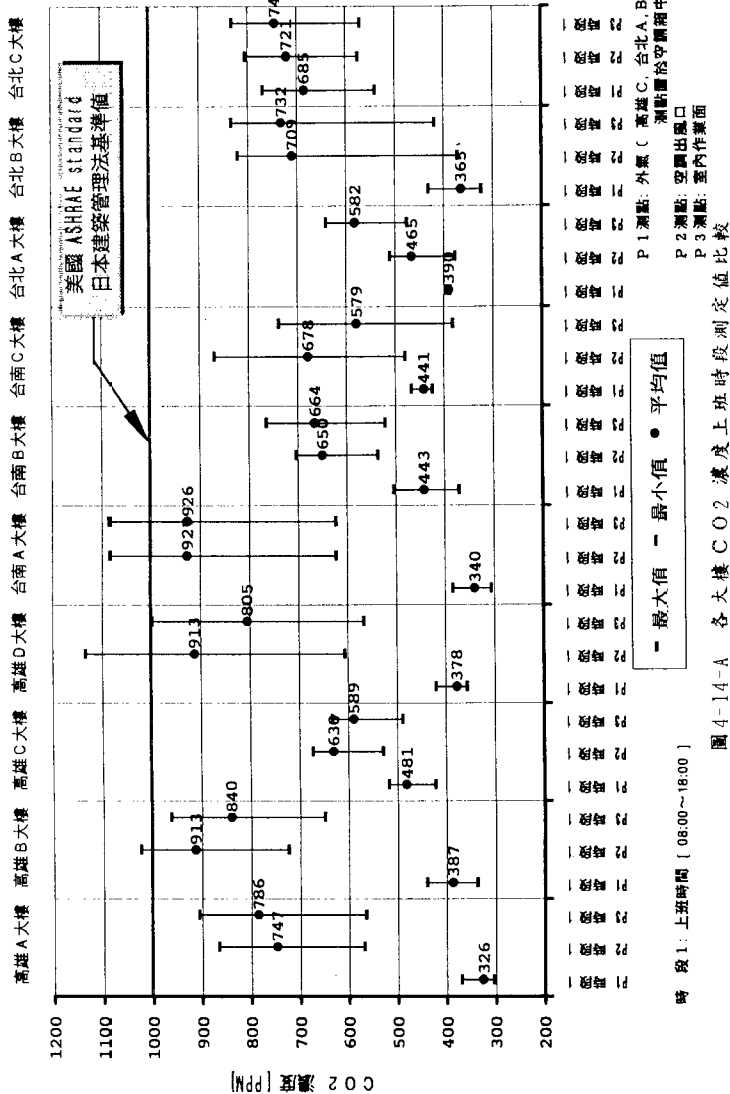
② 各案例之P3室內作業面測定平均值以高雄C大樓 589 ppm、台南C大樓 579 ppm及台北A大樓 582 ppm較低。以高雄B大樓840 ppm、高雄D大樓 805 ppm及台南A大樓 926 ppm較高。其中高雄C大樓與台北A大樓均採用AHU空調系統；而台南C大樓採用FCU空調系統並沒有考慮外氣引入風管，但在測定當天有打開外牆窗戶，故濃度較低。而高雄B大樓、高雄D大樓及台南A大樓均採用FCU空調系統併用外氣引入風管，但於測定當天高雄B大樓及台南A大樓並無啟動外氣引入風管，故其濃度較高。台南B大樓也是採用FCU空調系統併用外氣引入風管，但其外氣引入風管有設定時間啟動，故其濃度較其他採用相同系統案例低，為 664 ppm。

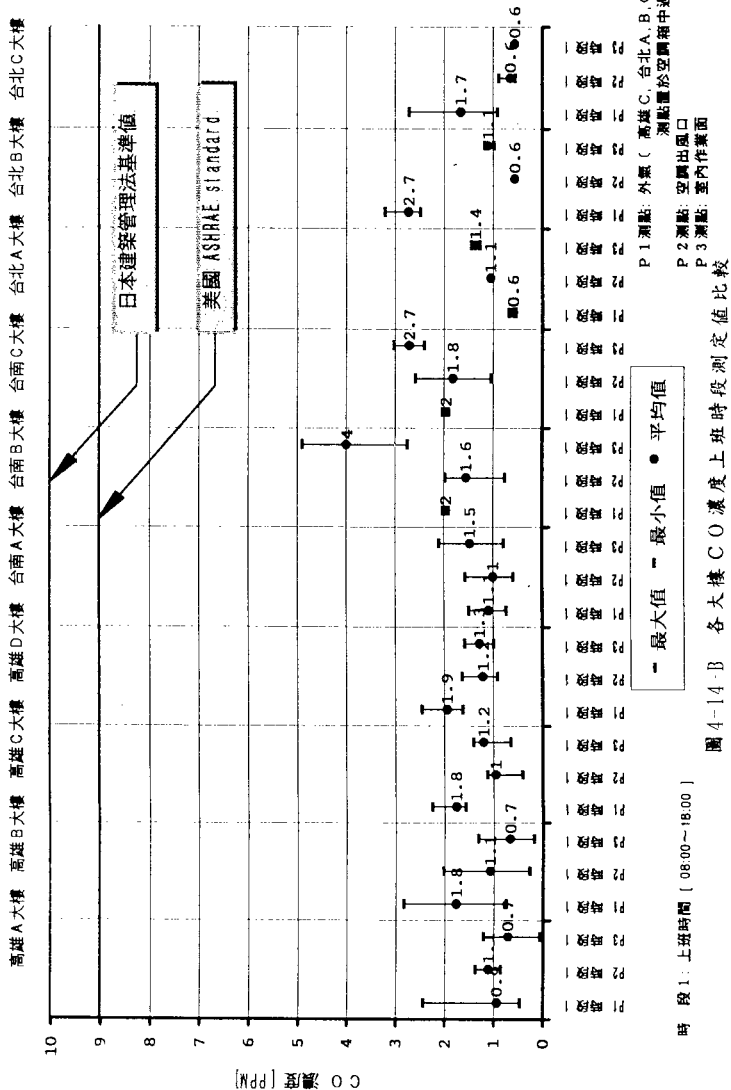
(2). CO 濃度測定平均值

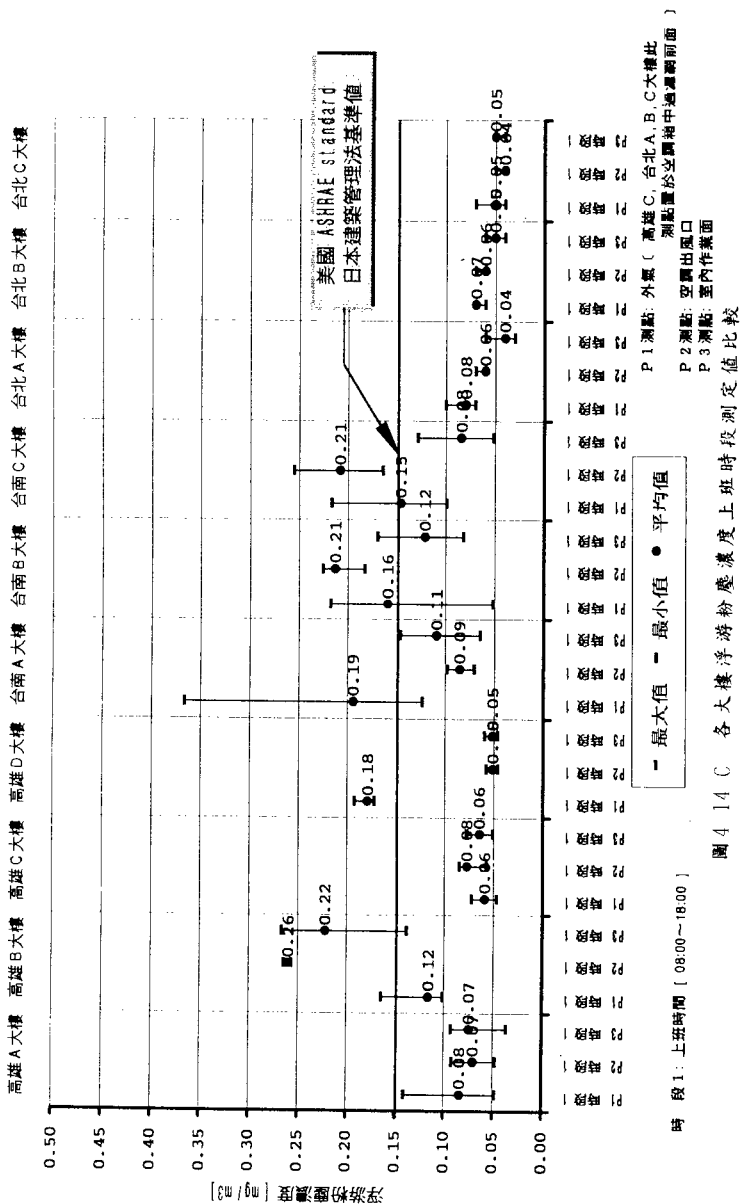
如圖4-14-B所示，各案例CO濃度平均值均不高，約 0.6 ppm ~ 2.7 ppm 之間，均在日本建築管理法基準值 10 ppm 及美國ASHRAE換氣基準值9ppm以下。只有台南B大樓P3室內作業面較高為 4ppm，但仍與基準值有相當差距。是故顯示在辦公建築室內空氣品質上，CO濃度問題較不嚴重。

(3). 浮游粉塵濃度測定平均值

① 如圖4-14-C所示，各測定案例之P1外氣測點浮游粉塵濃度，除高雄C大樓、台北A大樓、台北B大樓及台北C大樓因採用AHU空調系統其P1外氣測點在空調箱內過濾網前，浮游粉塵濃度較低外，其餘案例P1測點浮游粉塵濃度平均值均偏高，約在0.08mg/m³ ~ 0.19mg/m³之間。六個案例中計有四個案例其平均值超過美、日基準







值 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ ；其中台南 A 大樓上班時段一小時平均值當中竟然有高達 $0.37\text{mg}/\text{m}^3$ 。是故顯示在外氣空氣環境上，浮游粉塵 (PM_{10}) 濃度問題相當嚴重。

② 各案例 P 2 空調出風口及 P3 室內作業面之上班時段測定平均值，在 $0.04\text{mg}/\text{m}^3 \sim 0.26\text{mg}/\text{m}^3$ 之間，變動情形很大。十個案例中計有三個案例平均值超過美、日基準值 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 。其中台南 B 大樓與台南 C 大樓 P 2 空調出風口平均值同為 $0.21\text{mg}/\text{m}^3$ ，高雄 B 大樓 P 2 空調出風口平均值更高達 $0.26\text{mg}/\text{m}^3$ 。這三個案例其外氣濃度均有偏高的趨勢。其中高雄 B 大樓較特殊之處是採用玻璃棉外貼塑膠層作為天花板，見 4-3-1 節。台南 B 大樓固有設定啓動外氣引入風管，而其只有一道簡易的過濾設施（鋁質過濾網），並且引入口過濾網從裝設至今（約一年）未曾清洗，而其 P 2 空調出風口測點正是此引入風管出風口；可從外氣引入口濃度平均值 $0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 和空調出風口濃度平均值 $0.21\text{mg}/\text{m}^3$ 印證。而台南 C 大樓採用 F C U 空調系統並沒有考慮外氣引入風管，但在測定當天有打開外牆窗戶，故其室內浮游粉塵濃度偏高是受外環境的影響，另外其內部人員有 1/6 吸煙；可以從外氣濃度平均值 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 和空調出風口濃度平均值 $0.21\text{mg}/\text{m}^3$ 加以印證。綜合顯示在辦公建築室內空氣品質上，浮游粉塵 (PM_{10}) 濃度問題需要特別加以重視。

2. 各案例上班時段之室內外測點差值比較：

(1). CO_2 濃度差值比較

如圖 4-15-A 所示，各測定案例上班時段室內外測點差值以台南 A 大樓差值最大，空調出風口和室內作業面與外氣之濃度差距，分別是 587 ppm 和 586 ppm，其次分別是高雄 A、B、D 大樓，而這四個案例其空調系統均採用 F C U 方式。其餘採用此空調系統案例尚有台南 B、C 大樓。而台南 B 大樓其外氣引入風管有設定時間啓動且引入風量頗大，故其濃度差距較其他採用 F C U 系統案例低，為 207 ppm 和 222 ppm。台南 C 大樓雖在空調系統上沒有考慮外氣引入風管，但在測試當天有打開外牆窗戶，是故其濃度差距也不大，為 237 ppm 和 138 ppm。至於其他採用 A H U 空調系統案例，也就是高雄 C 大樓及台北 A、B、C 大樓，由於其外氣測點置於空調箱中過濾網前面，其濃度是部份回風和外氣的混合故較一般外氣濃度高，其差值較採用 F C U 空調系統來得低。而此四個案例中以台北 B 大樓差值較大為 345 ppm 及 367 ppm，乃是因為其外氣測點濃度較低所致，使其引入較多外氣

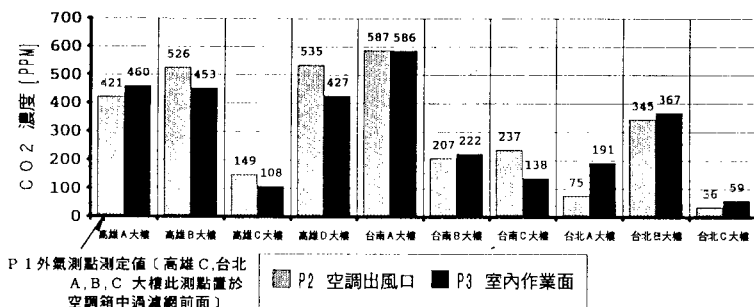
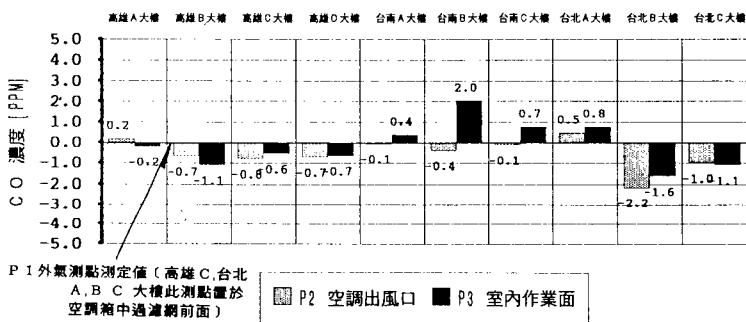
圖4-15-A 各大樓CO₂濃度上班時段室內外測點測定差值比較

圖4-15-B 各大樓CO濃度上班時段室內外測點測定差值比較

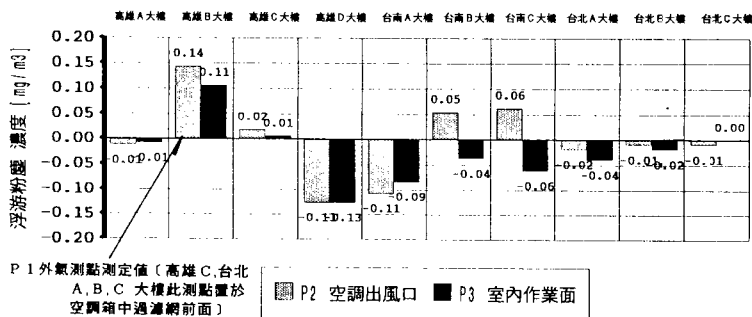


圖4-15-C 各大樓浮游粉塵濃度上班時段室內外測點測定差值比較

量而使得室內外測點濃度差距變大。至於台北 C 大樓只有 36 ppm 及 59 ppm 的差距，主要是其外氣測點濃度較高所致，也就是引入較少外氣量而使得室內外測點濃度差距變小。

(2). CO 濃度差值比較

如圖 4-15-B 所示，各測定案例上班時段室內外測點差值並不十分明顯，主要是各大樓 CO 濃度量測值均不高。另外也可得知各案例室內並無明顯產生 CO 濃度污染源。

(3). 浮游粉塵濃度差值比較

如圖 4-15-C 所示，各測定案例上班時段室內外測點差值，除了高雄 B 大樓室內比室外差值較大外，其餘大樓普遍成現室內濃度較室外濃度低。主要原因是因為外氣浮游粉塵濃度較高，而本研究測定對象均為密閉式外牆，故如果外氣引入有適當的過濾處理或室內無較大污染物發生源，在一般使用情形下應該是較室外濃度值低。高雄 B 大樓採用玻璃棉外貼塑膠層作為天花板，此部份詳見 4-4 節。是故其室內與室外差值高達 0.14 mg/m³ 和 0.11 mg/m³。台南 B 大樓因有設定啟動外氣引入風管，而其只有一道簡易的過濾設施（鋁質過濾網），並且引入口過濾網從裝設至今（約一年）未曾清洗，而其 P 2 空調出風口測點正是此引入風管出風口；故其較外氣濃度值約高 0.05 mg/m³。而台南 C 大樓採用 F C U 空調系統並沒有考慮外氣引入風管，但在測試當天有打開外牆窗戶，且其空調出風口測點接近開啓窗戶，此窗戶又面臨主要交通幹道，浮游粉塵濃度偏高是受外環境微氣候的影響，另外其內部人員有 1/6 吸煙，且該案例外氣測點置於屋頂，可能由此測點局部外環境不同使得其較外氣濃度值高 0.06 mg/m³。

4-3-3 不同時段之污染物濃度變動分析

本節將就各案例之空調出風口與室內作業面兩測點，探討不同時段之汙染物濃度差值之變動。

1. 各案例空調出風口測點之不同時段差值比較：

(1). CO₂ 濃度差值比較

如圖 4-16-A 所示，各測定案例 CO₂ 濃度時段 1 與時段 2 差距，除了台南 A、B 大樓較為明顯成現 192ppm 及 137ppm 差距外，其餘各大樓均不十分明顯。主要原因是台南 A 大樓由於測試單位較配合

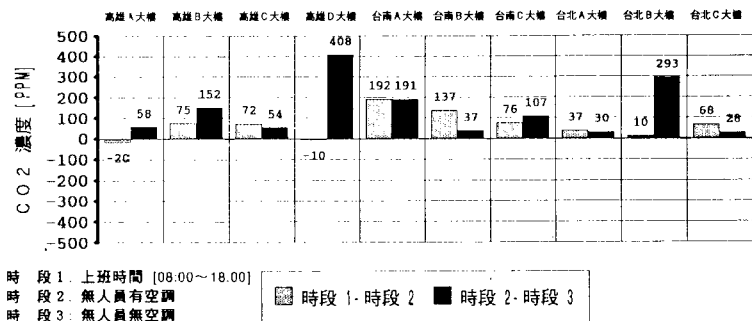
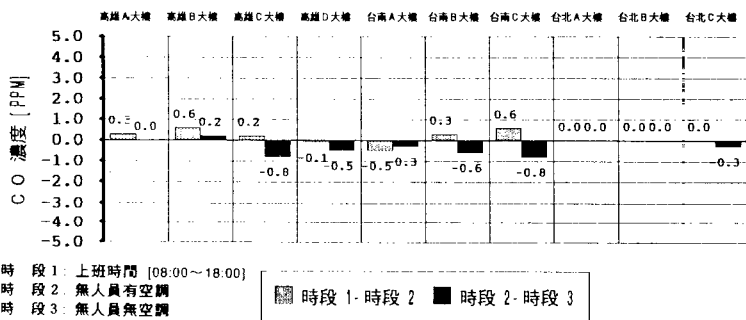
圖 4-16-A 各大樓 CO₂ 濃度空調出風口測點各時段差值比較

圖 4-16-B 各大樓 CO 濃度空調出風口測點各時段差值比較

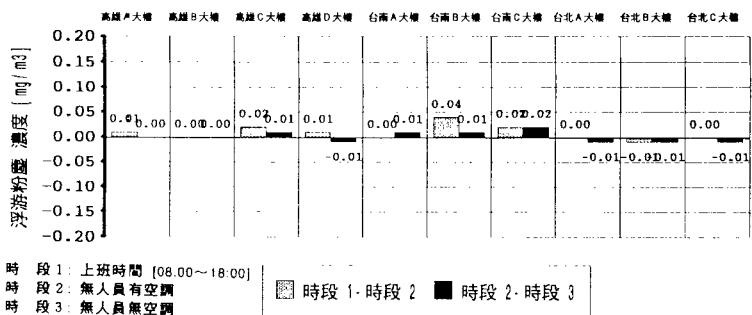


圖 4-16-C 各大樓浮游粉塵濃度空調出風口測點各時段差值比較

在時段設定上的空調控制（時段2有四個小時，其他案例只有1~2小時），故其時段差異較為明顯。台南B大樓其空調出風口測點就是外氣引入風管出風口故其濃度差值較其他案例明顯。而高雄A大樓因為時段2有人員加班，無法完全控制設定無人員在室內，且由於有人員吸煙使得濃度的無衰減情形，故其時段2反而較時段1濃度值高。而高雄D大樓由於時段1下午時間濃度很高，雖然時段2有二小時衰減，但仍較時段1十個小時平均值來得高10ppm。至於時段2與時段3的差距，以高雄B、D大樓及台南A大樓因為其濃度值較高而呈現較高的衰減量。而台北B大樓因為時段2衰減量較少加上其室內空間較大，使得其差值較明顯成現293ppm差距。綜合而言以高雄B、D大樓、台南A及台北B大樓其時段差值總合超過227ppm以上較大，也就是其空調出風口CO₂濃度受人員與空調有無影響較為明顯。

(2). CO 濃度差值比較

如圖4-16-B所示，各測定案例CO濃度各時段差距並不明顯，均在1ppm以內。這表示空調出風口CO濃度受人員與空調有無影響較不明顯。

(3). 浮游粉塵濃度差值比較

如圖4-16-C所示，各測定案例浮游粉塵濃度各時段差距除了台南B大樓因為其空調出風口測點就是外氣引入風管出風口其濃度差值較其他案例明顯，在時段1與時段2有0.04 mg/m³差距外，其餘各大樓各時段差距並不十分明顯均在0.02 mg/m³以內。這表示空調出風口浮游粉塵濃度受人員與空調有無影響較不明顯。

2. 各案例室內作業面測點之不同時段差值比較：

(1) CO₂ 濃度差值比較

如圖4-17 A所示，各測定案例CO₂濃度時段1與時段2差距，除了台南A、B大樓較為明顯成現204ppm及187ppm差距外，其餘各大樓均不十分明顯。主要原因是台南A大樓由於測定單位較配合在時段設定上的空調控制（時段2有四個小時，其他案例只有1~2小時），故其時段差異較為明顯。台南B大樓受前述空調出風口測點影響故其濃度差值較其他案例明顯。至於時段2與時段3差距，以高雄B、D大樓及台南A大樓因為其濃度值較高而成現較高的衰減量。而台北B大樓因為時段2衰減量較少加上其室內空間較大，使得其差值較明顯成現268ppm差距。綜合而言以高雄B、D大樓、台南A、B

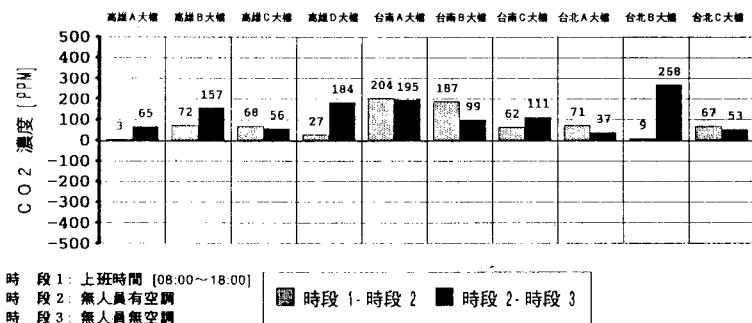
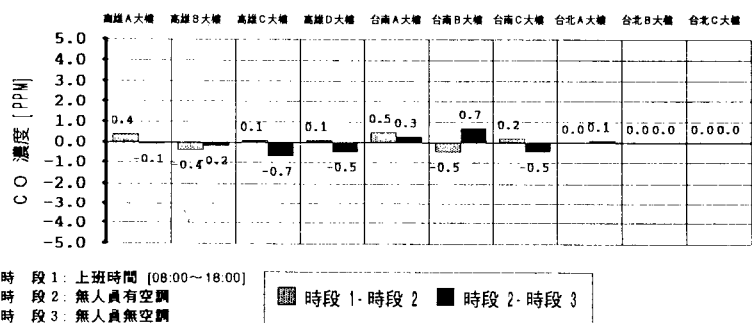
圖 4-17-A 各大樓 CO₂ 濃度室內作業面測點各時段差值比較

圖 4-17-B 各大樓 CO 濃度室內作業面測點各時段差值比較

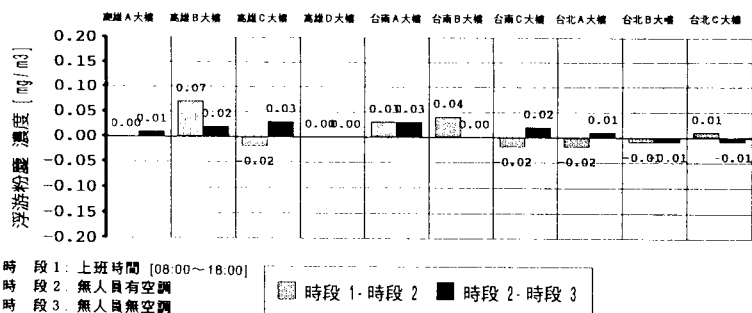


圖 4-17-C 各大樓浮游粉塵濃度室內作業面測點各時段差值比較

大樓及台北 B 大樓其時段差值總合均超過 211ppm 以上較大，也就是其室內作業面 CO₂ 濃度受人員與空調有無影響較為明顯。

(2). CO 濃度差值比較

如圖 4-17-B 所示，各測定案例 CO 濃度各時段差距並不明顯，均在 1ppm 以內。這表示室內作業面 CO 濃度受人員與空調有無影響較不明顯。

(3). 浮游粉塵濃度差值比較

如圖 4-17-C 所示，各測定案例浮游粉塵濃度各時段差距除了高雄 B 大樓因為其測定值較高在時段 1 與時段 2 有 0.07 mg/m³ 差距，及台南 B 大樓因為其空調出風口測點就是外氣引入風管出風口其濃度差值較其他案例明顯，在時段 1 與時段 2 有 0.04 mg/m³ 差距外，其餘各大樓各時段差距並不明顯均在 0.03mg/m³ 以內。這表示室內作業面浮游粉塵濃度受人員與空調有無影響較不明顯。

4-3-4 污染物濃度與室內人員所佔氣積分析

室內人員所佔氣積的管制與換氣量的管制並不相同，室內每人所佔氣積是指室內空氣總量分配給每人的容積。日本在室內空氣環境研究上，有關針對其室內氣積大小對其污染物濃度影響之調查中指出，由於室內使用密度過高或平均每人的所佔氣積過低，均會造成室內空氣品質惡化 [文獻 [31]]。又在日本「事務所衛生基準規則」第二條中規定，凡是採用機械式空調的辦公室，其每人所佔氣積應在 10 m³ 以上，表 4-7 為日本有關室內氣積之相關規定。

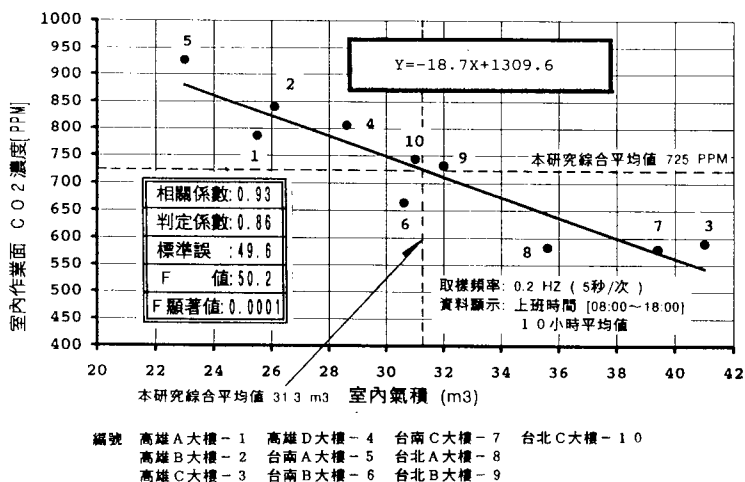
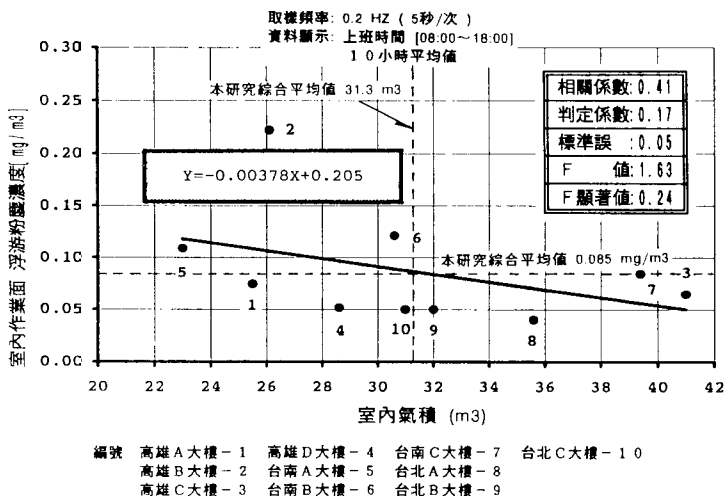
目前，國內尚無有關氣積計算之規定，本研究在進行氣積計算時，將應用表 4-6 所列之計算法，對測定的十個案例作氣積調查計算（詳表 4-8），各大樓之每人所佔氣積從 23 m³ 到 41 m³，大於 10 m³ 合乎日本事務所衛生則的規定。再將每人所佔氣積與污染因子作相關性迴歸，如圖 4-18-A 所示，實測 CO₂ 濃度隨氣積增加呈直線衰減現象，其判定係數為 0.86，迴歸方程式為 $Y = -18.7X + 1309.6$ ，得知室內平均每人所佔氣積和 CO₂ 濃度測定值具有相關性，至於浮游粉塵和 CO，其測定濃度平均值和每人氣積無明顯相關性，其相關係數分別為 0.41 及 0.25。各大樓之浮游粉塵濃度平均值與室內人員所佔氣積比較，如圖 4-18-B。

表4-7 日本有關室內氣積之規定 [文獻 J31]

目 的	空氣環境惡化的主要因素及其室內使用狀況調查
問題點	1. 室內使用密度過高 2. 對於某室的溫熱條件不滿
計算式	總氣積＝（樓地板面積×天花板高度）－（設備所佔容積） 每人所佔氣積＝（室內實際氣積）／（室內人數）
注 意 事 項	1. 各室分別計算。 2. 將櫥櫃、櫥櫃之簡單區隔、室內使用狀況、空調區域等納入考慮，並判斷有無分間牆之對應狀況。 3. 室內密閉空間（如會議室）等應排除計入。 4. 室內櫥櫃、桌椅等設備家具所佔容積，其實際計算繁雜，可使用下簡易法： $V = 0.6 N1 + 0.2 N2$ 其中 V：設備家具所佔容積 N1：櫥櫃數 0.6：櫥櫃之容積（m³/個） N2：桌椅數 0.2：桌椅之容積（m³/個） 5. 固定上班人員約以桌椅數為計數標準。 6. 室內人員數一日統計調查三次。 7. 樓地板面到天花板面之室內淨高由現場量測，但超過4公尺時，則以4公尺作為室內淨高。

表4-8 測試案例氣積計算結果

	室內實際氣積 (m ³)	平均室內人數 (人)	每人所佔氣積 (m ³)
高雄 A 大樓	392.0	15.4	25.2
高雄 B 大樓	234.9	9.0	26.1
高雄 C 大樓	1298.0	31.7	41.0
高雄 D 大樓	715.2	25.0	28.6
台南 A 大樓	188.6	8.2	23.0
台南 B 大樓	761.6	24.9	30.6
台南 C 大樓	315.2	8.0	39.4
台北 A 大樓	1639.2	45.8	35.8
台北 B 大樓	1664.0	52.0	32.0
台北 C 大樓	139.5	4.5	31.0

圖4-18-A 各大樓CO₂濃度平均值與室內人員所佔氣積相關性比較圖4-18-B 各大樓PM₁₀濃度平均值與室內人員所佔氣積相關性比較

4-3-5 污染物濃度與空調系統分析

本節將就污染物濃度與不同空調系統之分析，探討測試案例中採用 F C U 及 A H U 空調系統，其污染物濃度之分佈；以及就污染物濃度與室內每人換氣量之比較，探討測試案例其換氣量之分佈以及其與 ASHRAE 理論式之關係。

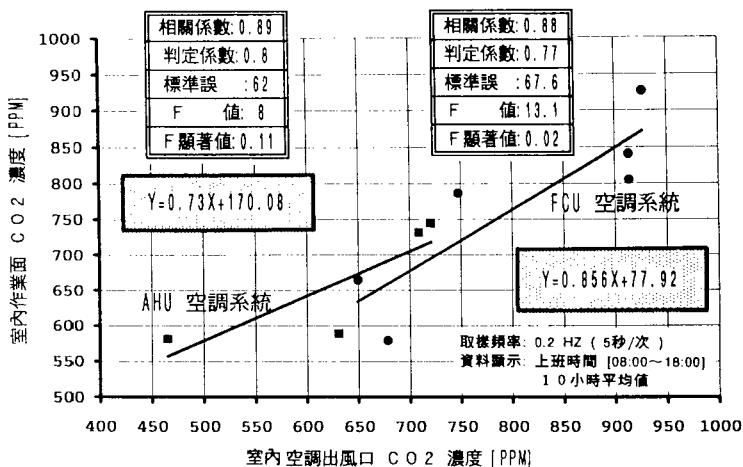
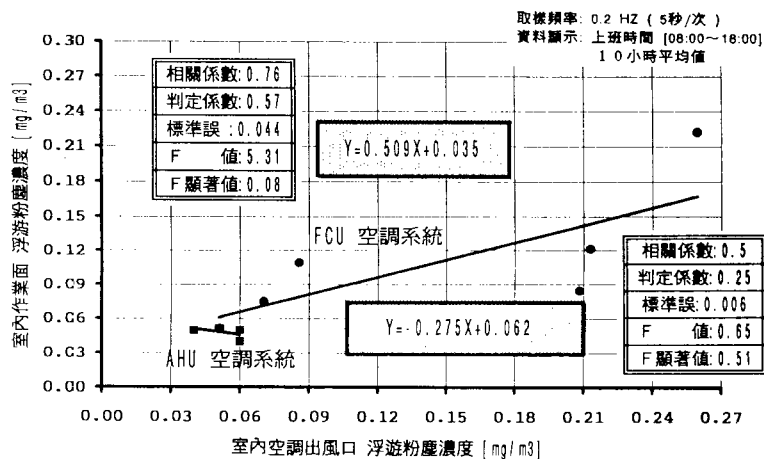
1. 各案例污染物濃度與不同空調系統比較：

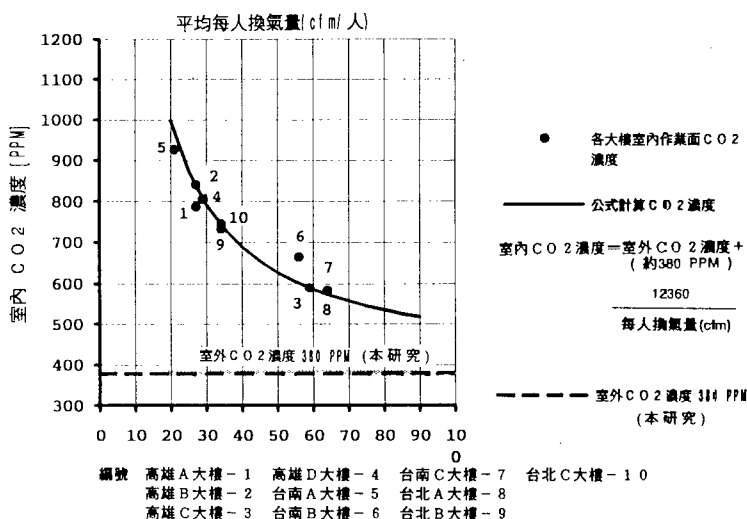
(1). 不同空調系統上班時段 C O₂ 濃度值比較

如圖 4-19-A 所示。以不同空調系統就測定案例測定值得到結果是，A H U 空調系統在室內空調出風口濃度從 470ppm ~ 725ppm，室內作業面濃度從 560ppm ~ 720ppm；而室內空調出風口和室內作業面濃度關係，呈現 $Y = 0.73X + 170.08$ 線性相關，相關係數 0.8。而 F C U 空調系統在室內空調出風口濃度從 650 ppm ~ 925 ppm，室內作業面濃度從 630ppm ~ 875ppm；而室內空調出風口和室內作業面濃度關係，呈現 $Y = 0.856X + 77.92$ 線性相關，相關係數 0.77。由此可得知採用 A H U 空調系統 C O₂ 濃度較採用 F C U 空調系統來得低。但雖然採用 F C U 空調系統，如果能有較有效引入適當外氣量時，也能夠獲得較低的濃度值。可以從兩個回歸線重疊的部份得知。

(2). 不同空調系統上班時段浮游粉塵濃度值比較

如圖 4-19-B 所示，以不同空調系統就測定案例測定值得到結果是，A H U 空調系統在室內空調出風口濃度從 0.04 mg/m³ ~ 0.06 mg/m³，室內作業面濃度從 0.04 mg/m³ ~ 0.05 mg/m³；而室內空調出風口和室內作業面濃度關係，雖然其 $Y = -0.275X + 0.062$ 相關性低，但也能表示其濃度值的分佈情形。而 F C U 空調系統在室內空調出風口濃度從 0.05 mg/m³ ~ 0.26 mg/m³，室內作業面濃度則從 0.06 mg/m³ ~ 0.17 mg/m³；而室內空調出風口和室內作業面濃度關係，呈現 $Y = 0.509X + 0.035$ 線性相關，相關係數 0.57，雖然不高但也表示其濃度值的分佈趨勢。由此可得知採用 A H U 空調系統其浮游粉塵濃度較採用 F C U 空調系統來得低。其主要原因是 A H U 空調系統有較佳的過濾設施。在測定案例中採用此系統均設置有兩道過濾網。第一道過濾網為鋁質過濾網，通常每週均進行清洗。第二道過濾網為袋形不織布質過濾網，通常每年均進行更換。故其較採用 F C U 空調系統其浮游粉塵濃度值來得低。

圖 4-19-A 不同空調系統上班時段 CO₂ 濃度比較圖 4-19-B 不同空調系統上班時段 PM₁₀濃度比較

圖 4-20 各大樓平均每人換氣量與室內 CO₂ 濃度比較

2. 各案例汙染物濃度與平均每人換氣量比較

根據 ASHRAE 62-1989 之附錄 D 及表 E-1，室內 CO₂ 濃度與每人換氣量的關係如下：

$$\text{室內 CO}_2 \text{ 濃度 (ppm)} = \text{室外 CO}_2 \text{ 濃度 (ppm)} + \frac{12360}{\text{每人換氣量 (cfm)}}$$

(約 380 ppm)

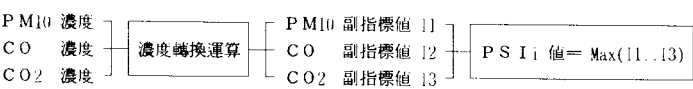
此式也是本研究以 I A Q 程序作評估時之依據，繪於圖 4-20 黑色實線部份。其中室內 CO₂ 產生率根據 ASHRAE 62-1989 附錄圖 D-2 之辦公活動每人產生 0.35 L/min 或 0.01236 cfm。可知，室內平均每人換氣量 40 cfm 人時，其室內 CO₂ 濃度約為 700 ppm。若依美國 ASHRAE 62-1989 之 V R 程序建議辦公室空調的最低換氣量應為 20 cfm 人，將此值代入可知其室內空氣之 CO₂ 濃度趨近於 1000 ppm 基準值。由上式亦可知外氣 CO₂ 濃度會影響室內 CO₂ 濃度，在本研究案例之外氣 CO₂ 濃度值約為 380 ppm。

在人員密度方面，本研究案例之平均人員密度為 6.8 人/100m²，ASHRAE 62-1989 標準規範預估最大的人員密度則為 7 人/100m²。並隨著平均每人換氣量增加，使室內 CO₂ 濃度呈現曲線衰減現象。

4-3-6 測定案例室內空氣品質檢討（以PSI_i評估）

目前在外氣環境之空氣品質是以空氣污染指標PSI值作綜合評估，而PSI值是依據PM₁₀、CO、SO₂、NO₂、O₃等五項污染物之測值以折線方程式換算出各項之副指標值，再以各副指標值之最大值作為空氣污染指標值。（詳4-1節）

本節擬應用外氣PSI綜合評估之精神，提出「室內空氣汙染指標」（PSI_i），研究其運用在辦公建築室內空氣品質評估之可行性上。以下就本研究使用之「PSI_i」指標作綱要說明：本研究之PSI_i值是依據CO、CO₂、PM₁₀三項測定因子的濃度，換算成副指標值，再以各副指標值之最大值作為室內空氣汙染指標值（如圖4-21）。其中CO、PM₁₀依外氣評估折線方程式加以換算出各該項之副指標值；至於CO₂因子，因為在外氣環境評估上並無考慮此項因子，所以並無轉換PSI值的折線方程式。本研究擬依表4-9之CO₂濃度與病態建築症候關係，加以轉換換算其對應PSI_i值，其對應計算值如表4-10所示。



註：CO、PM₁₀依外氣折線方程式換算PSI_i值
CO₂依表4-10換算PSI_i值

圖4-21 本研究採用之PSI_i值換算程序

表4-9 CO₂濃度與病態建築症候之關係 [文獻 C34、C35]

CO ₂ 濃度	病 態 建 築 症 候 之 關 係
< 600 ppm	無
600 ~ 1000 ppm	偶爾抱怨頭痛、昏睡、悶熱
> 1000 ppm	以上之抱怨頻繁

表4-10 本研究評估CO₂濃度與PSI_i值對應關係

CO ₂ 濃度	PSI _i 指標值	室內空氣品質分類標準
< 600 ppm	< 50	良好 (good)
600 ~ 1000 ppm	50 ~ 100	普通 (moderate)
> 1000 ppm	> 101	不良 (unhealthful)

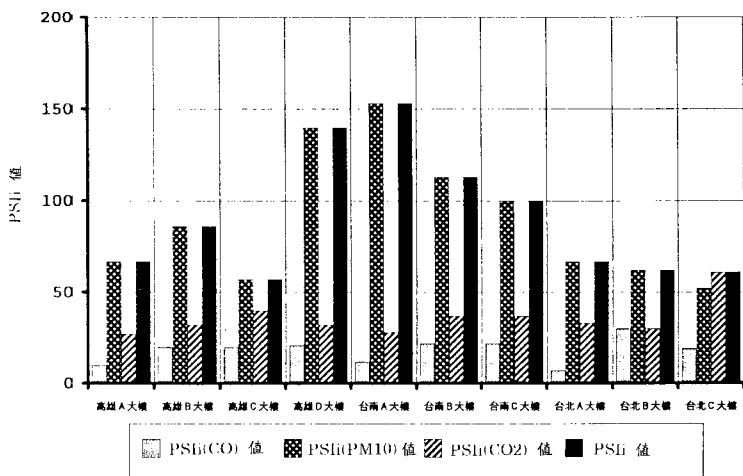
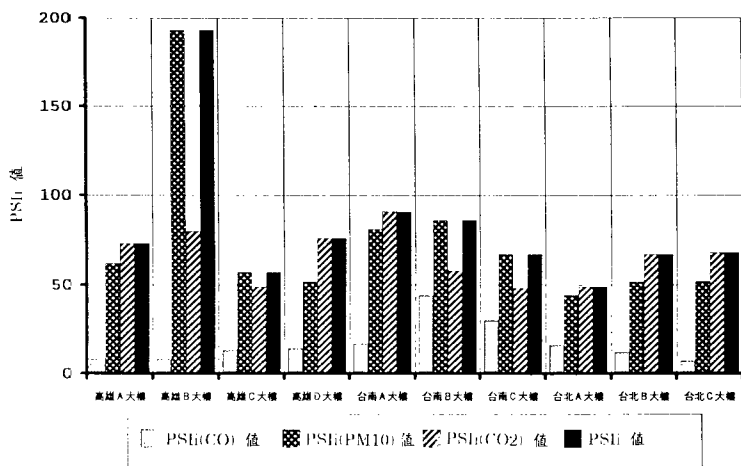
圖4-22-A、4-22-B、4-23-A、4-23-B乃是將各案例測定平均值依據圖4-21之PSI_i值換算程序，綜合評估室內、外空氣品質等級。

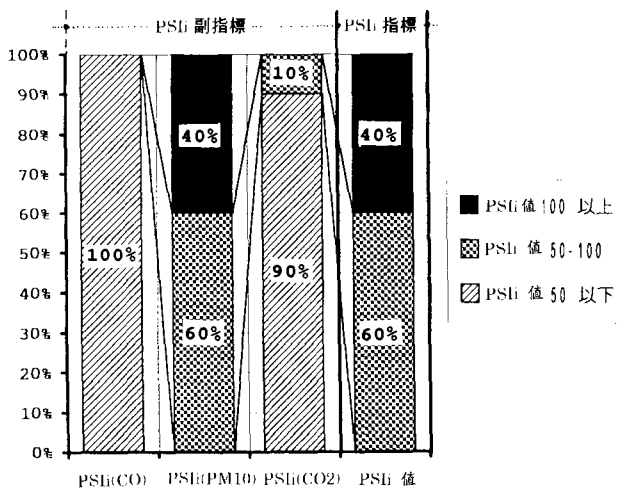
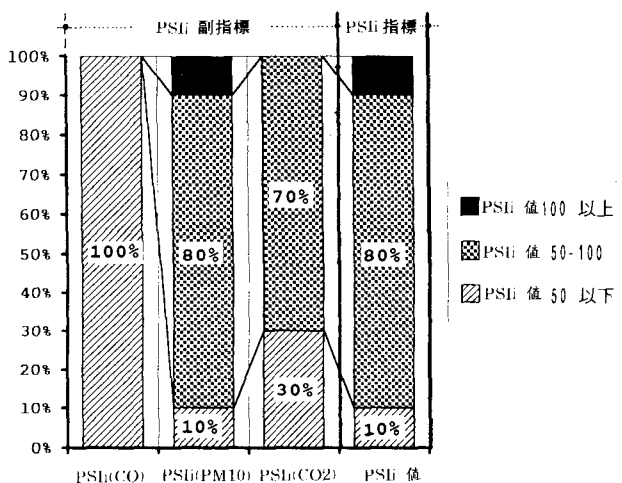
如圖4-22-A所示，各大樓室外測點的PSI_i值中，以高雄D大樓、台南A大樓、台南B大樓三案例之PSI_i值超過100，對健康影響呈現“不良”關係。其餘各大樓其PSI_i值均在50~100之間，也就是空氣品質等級為“普通”。幾乎所有案例其PSI_i值均是受浮游粉塵(PM₁₀)濃度影響。

圖4-22-B為各大樓室內作業面測點的PSI_i值比較，其中以高雄B大樓之PSI_i值高達193，其主要原因由於內部材料使用不當造成浮游粉塵微粒特高，至於其餘案例PSI_i值均在50~100之間，也就是空氣品質等級為“普通”。而PSI_i之指標汙染物有60%為CO₂因子，其餘40%為PM₁₀因子，顯示影響測試案例室內空氣品質的因子，就CO、CO₂、PM₁₀三項，以CO₂為主，而PM₁₀次之。

圖4-23-A為各大樓室外測點的PSI_i值百分比分佈，PM₁₀因子PSI_i副指標值有60%顯示空氣品質等級為“普通”，40%顯示為“不良”。CO、CO₂濃度PSI_i副指標值幾乎均在50以下。所有案例其PSI_i值均是由PM₁₀副指標控制。

圖4-23-B為各大樓室內作業面測點的PSI_i值百分比分佈，其中CO因子PSI_i副指標值幾乎均在50以下，PM₁₀因子的副指標值有10%在50以下，有80%在50~100之間（普通），有10%在100以上（不良）。CO₂因子的副指標值有30%在50以下，有70%在50~100之間（普通）。綜合顯示，依本研究PSI_i指標之評估，各案例室內空氣品質有10%為“不良”，10%為“良好”，其餘80%均為“普通”。

圖4-22-A 各大樓室外測點PSI₁值比較圖4-22-B 各大樓室內作業面測點PSI₁值比較

圖 4-23-A 各大樓室外測點 P S I_i 值百分比分佈圖 4-23-B 各大樓室內作業面測點 P S I_i 值百分比分佈

4-4 室內人員主觀反應調查結果

關於辦公室內人員問卷調查內容與基本資料，詳參 4-2-3 小節與附錄四。本節將就室內辦公人員對室內空氣品質的主觀反應，以及依各案例別的綜合比較兩部份，進行統計分析。以瞭解本土案例室內辦公人員對於室內空氣品質之反應。

1. 各案例室內人員主觀反應百分比統計：

(1). 受調案例室內辦公人員對落塵量反應

對辦公室內落塵量感覺程度，如圖 4-24-A 所示，以回答普通者居多佔 31.5 %；整體而言傾向於認為“普通”和“少”之間。

(2). 受調案例室內辦公人員對落塵量之滿意度：

對辦公室內落塵量滿意程度，如圖 4-24-B 所示，以回答適中者居多佔 39.2 %；整體而言傾向於“適中”和“滿意”之間。

(3). 受調案例室內辦公人員身體不適程度：

在辦公室內是否經常有頭痛、喉嚨痛、疲倦、身體不適感覺，如圖 4-24-C 所示，以回答偶爾有者居多佔 42.0 %；整體而言傾向於“偶爾有”和“很少有”之間。

(4). 受調案例室內辦公人員身體不適原因：

身體不適原因：如圖 4-24-D 所示，以回答認為是「空氣污染」者較多，佔 45.9 %；認為「溫度不適」者其次，佔 28.2 %；而有 24.9 % 對身體不適原因回答「不清楚」。

(5). 受調案例室內辦公人員對室內空氣品質滿意度：

對辦公室室內空氣品質之滿意程度：如圖 4-24-E 所示，以回答適中者居多佔 46.4 %，不滿意者其次佔 33.1 %，整體而言傾向於認為“適中”和“不滿意”之間。

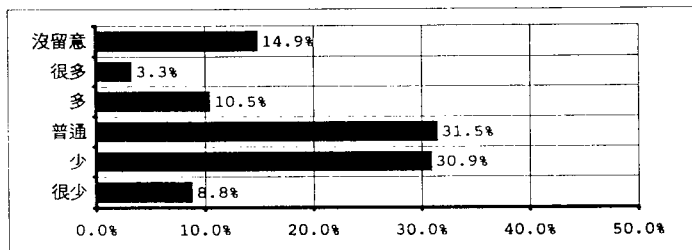


圖4-24-A 室內人員認為落塵量程度百分率統計

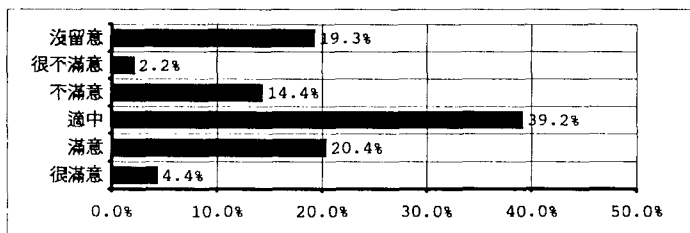


圖 4-24-B 室內人員對落塵量滿意度百分率統計

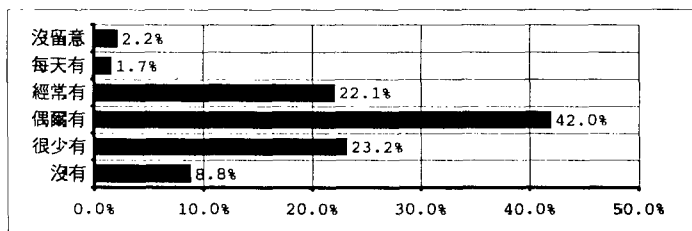


圖 4-24-C 室內人員身體不適程度百分率統計

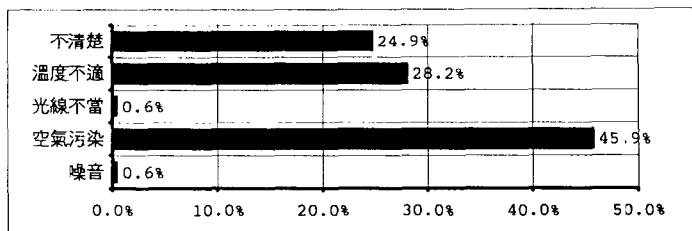


圖 4-24-D 室內人員身體不適原因百分率統計

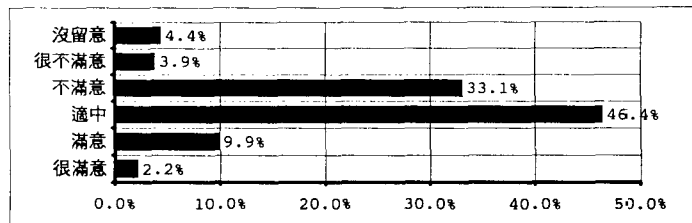


圖 4-24-E 室內人員對室內空氣品質滿意度百分率統計

2. 各案例別主觀反應統計：

(1). 對辦公室內落塵量感覺程度：

如圖4-25-A所示，以高雄A大樓的 3.3 為最高；也就是介於“多”和“普通”之間。而以台南A大樓 1.8為最低；也就是接近“少”程度。整體而言各大樓大部份均傾向於認為“普通”和“少”之間。

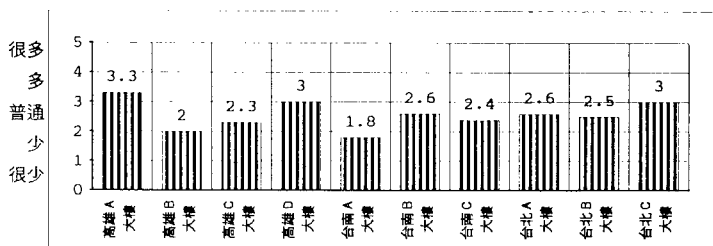


圖4-25-A 各案例別室內人員認為落塵量程度比較

(2). 對辦公室內落塵量滿意程度：

如圖4-25-B所示，以高雄A大樓 3.4為最高；也就是介於“不滿意”和“適中”之間。而以台南A大樓 1.6為最低；也就是介於“滿意”和“很滿意”之間。整體而言各大樓大部份均傾向於認為“適中”。

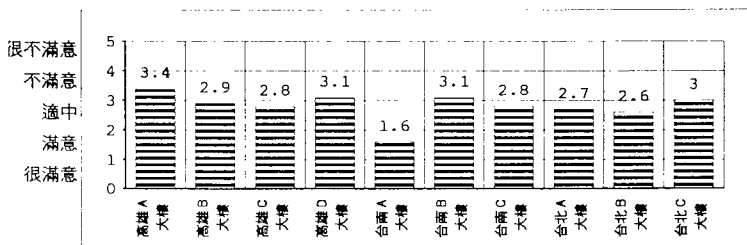


圖4-25-B 各案例別室內人員對落塵量滿意度比較

(3). 在辦公室內是否經常有頭痛、喉嚨痛、疲倦、身體不適感覺：

如圖4-25-C所示，以台北C大樓3.4為最高；也就是介於“經常有”和“偶爾有”之間。而以高雄B大樓2.2為最低；也就是接近“很少有”程度。整體而言各大樓大部份均傾向於認為“偶爾有”和“很少有”之間。

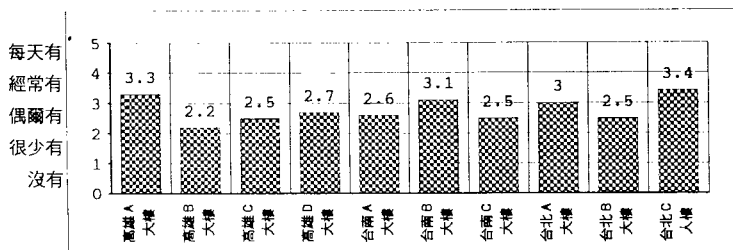


圖4-25-C 各案例別室內人員身體不適程度比較

(4). 對辦公室室內空氣品質之滿意程度：

如圖4-25-D所示，以高雄A大樓3.7為最高；也就是介於“不滿意”和“適中”之間。而以台北B大樓2.9為最低；也就是接近“適中”程度。整體而言各大樓大部份均傾向於認為“不滿意”和“適中”之間。

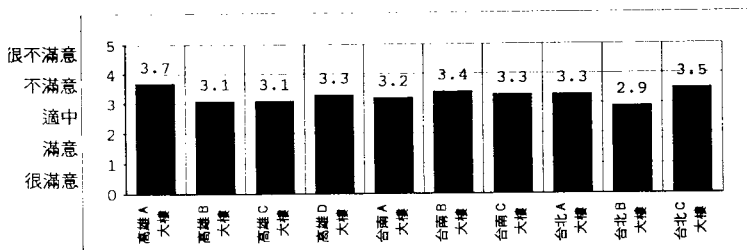


圖4-25-D 各案例別室內人員對室內空氣品質滿意度比較

4-5 小結

本研究在執行辦公建築內空氣品質現況調查，就CO、CO₂、PM₁₀三項污染因子，可得下列幾點結語：

1. 環境空氣品質現況：

依據環保署資料，臺灣地區近五年空氣品質不良（PSI > 100）比率超過 15 %；以指標污染物評估，PM₁₀佔 71.7%~86.3% 比例最大、CO 佔 6.9%~17.6%，兩者合計達 90 %。所以有必要探討此二因子對辦公建築室內空氣品質的影響。（圖4-1、圖4-2）

2. 辦公建築室內空氣品質現況（十案例）：

(1). CO₂ 濃度平均值

各測定案例CO₂ 濃度上班時段平均值從 579ppm 到 926ppm 之間，綜合平均值為 725 ppm（圖4-14-A）。雖然均在美、日基準值 1000 ppm 以下；但是CO₂ 濃度值超過 600ppm 時，室內作業人員就會呈現偶爾抱怨頭痛、昏睡、悶熱現象（表4-9）。綜合問卷反應對室內空氣品質滿意度呈現認為適中和不滿意之間，雖然有些許不滿意，但仍然可以被接受（4-4節）。

(2). CO 濃度平均值

各案例CO濃度的測定平均值均不高，在 0.6 ppm~2.7 ppm 之間（圖4-14-B），均在日本建築管理法基準值 10 ppm 以及美國 ASHRAE 換氣基準值 9 ppm 以下。是故顯示在辦公建築室內空氣品質上，CO 濃度問題較不嚴重。

(3). 浮游粉塵濃度平均值

各案例空調出風口及室內作業面之上班時段測定平均值，介於 0.04 mg/m³~0.26 mg/m³ 之間，變動情形很大（圖4-14-C）。十個案例中計有三個案例平均值超過美、日基準值 0.15 mg/m³。綜合顯示在辦公建築室內空氣品質上，浮游粉塵（PM₁₀）濃度問題需要特別加以重視。

3. 「平均每人所佔氣積」之影響：

經由迴歸分析結果顯示，平均每人所佔氣積和CO₂ 濃度有較高相關性，其相關係數為 0.93。而外氣濃度、屋齡、量測樓層其相關性並不明顯。而測定CO₂ 濃度隨著氣積量的增加呈現直線衰減現象，迴歸方程式為 $Y = -18.7X + 1309.6$ 其判定係數 0.86。所以氣積量為影響室內CO₂ 濃度的重要影響因子（圖4-18-A）。至於浮游

粉塵和 CO₂ 因子，就測定濃度平均值和其每人氣積量比較，無明顯相關性，其相關係數分別為 0.41 及 0.25。（4-3-4 小節）

4. 「不同空調系統」之影響：

經由迴歸分析結果顯示，不同空調系統就測定案例 CO₂ 濃度值得到結果是，A H U 空調系統在室內空調出風口和室內作業面濃度關係，呈現 $Y = 0.73X + 170.08$ 線性相關，相關係數 0.8。而 F C U 空調系統在室內空調出風口和室內作業面呈現 $Y = 0.856X + 77.92$ 線性相關，相關係數 0.77（圖 4-19-A）。由此得知採用 A H U 空調系統 CO₂ 濃度較採用 F C U 空調系統來得低。但雖然採用 F C U 空調系統，如果能有較有效引入適當外氣量時，也能夠獲得較低的濃度值。不同空調系統與浮游粉塵濃度測定值比較得到結果，採用 A H U 空調系統其浮游粉塵濃度較採用 F C U 空調系統來得低（圖 4-19-B）。其主要原因是 A H U 空調系統有較完整的過濾設施以及定期清洗、維護與更新。（4-3-5 小節）

5. 「平均每人換氣量」：

依據 ASHRAE 62-1989 附錄 D 及表 E-1 理論推算的平均每人換氣量從 21~64 cfm/人，並隨著平均每人換氣量增加使室內 CO₂ 濃度呈現曲線的衰減現象（圖 4-20）。亦即室內每人換氣量 40 cfm/人，其室內 CO₂ 濃度約維持在 700 ppm，當每人換氣量 60 cfm/人，此時室內 CO₂ 濃度約為 580 ppm。在換氣量為 20 cfm/人，此時室內空氣的 CO₂ 濃度趨近於美日基準值 1000 ppm。

6. 室內空氣污染指標 P S I_i 之適用性：

以 P S I_i 指標來評估個案例的室內空氣品質，顯示有 10% 的案例其室內空氣品質評估為「不良」，80% 為「普通」，10% 為良好（圖 4-23-B）；從問卷調查亦顯示，室內人員對室內空氣品質「很不滿意」者佔 3.9%，「不滿意」與「適中」者佔 79.5%，「滿意」與「很滿意」者佔 12.1%（圖 4-24-E），兩者定量解析的結果相當吻合。（4-3-6 小節）

第五章 辦公建築室內空氣品質管理系統之擬議——規範與規則

根據第二章、第三章及第四章之整理探討，本章將辦公建築室內空氣品質管理系統分為三部份進行擬議。第一部份是針對設計者（單位）與使用者（單位）在設計或使用階段時，如何確保室內空氣品質，提出「規範」建議以供參考；第二部份是針對管理者（單位）在執行辦公建築室內空氣品質的建築管理時，提出「管理規則」建議，以供作為立法、執法單位之參考；第三部份是將辦公建築室內空氣品質的管理系統，對應到辦公建築的生命週期之中，提出各階段管理要點之建議。

5-1 辦公建築室內空氣品質管理規範之擬議

根據本研究進行的現場調查，試提出兩項可供設計者與使用者參考的辦公建築室內空氣品質規範。

- (1). 辦公建築室內空氣污染物來源、種類與改善對策
 - a. 掌握辦公建築室內空氣污染物的來源與種類，可誘導設計者從事建築設計時，事先避免出現有礙室內空氣品質之設計。
 - b. 當辦公建築室內空氣品質出現問題時，使用者可參考此改善建議，以確保室內空氣品質，維護辦公人員之公共衛生。
- (2). 辦公建築室內空氣污染物濃度規範值
透過室內空氣污染物濃度實測值與規範值之比對，可瞭解該案例之室內空氣品質現況，以有效進行室內空氣品質之設計與管理。

5-1-1 辦公建築室內空氣品質改善對策

「室內空氣品質」，主要受室內空氣污染物濃度的影響，亦即室內空氣污染物濃度愈高，室內空氣品質愈差，對室內辦公人員的健康影響程度愈大。所以，對於室內空氣污染的改善手法，必須依據先掌握污染物的來源與種類（本研究整理如圖5-1所示），並依原理之不同可分為三類：(1). 控制室內污染物之發生量、(2). 稀釋室內空氣污染物以降低污染濃度、(3). 去除室內空氣污染物。而現場實際狀況的室內空氣品質改善對策建議，詳如表5-1所示。

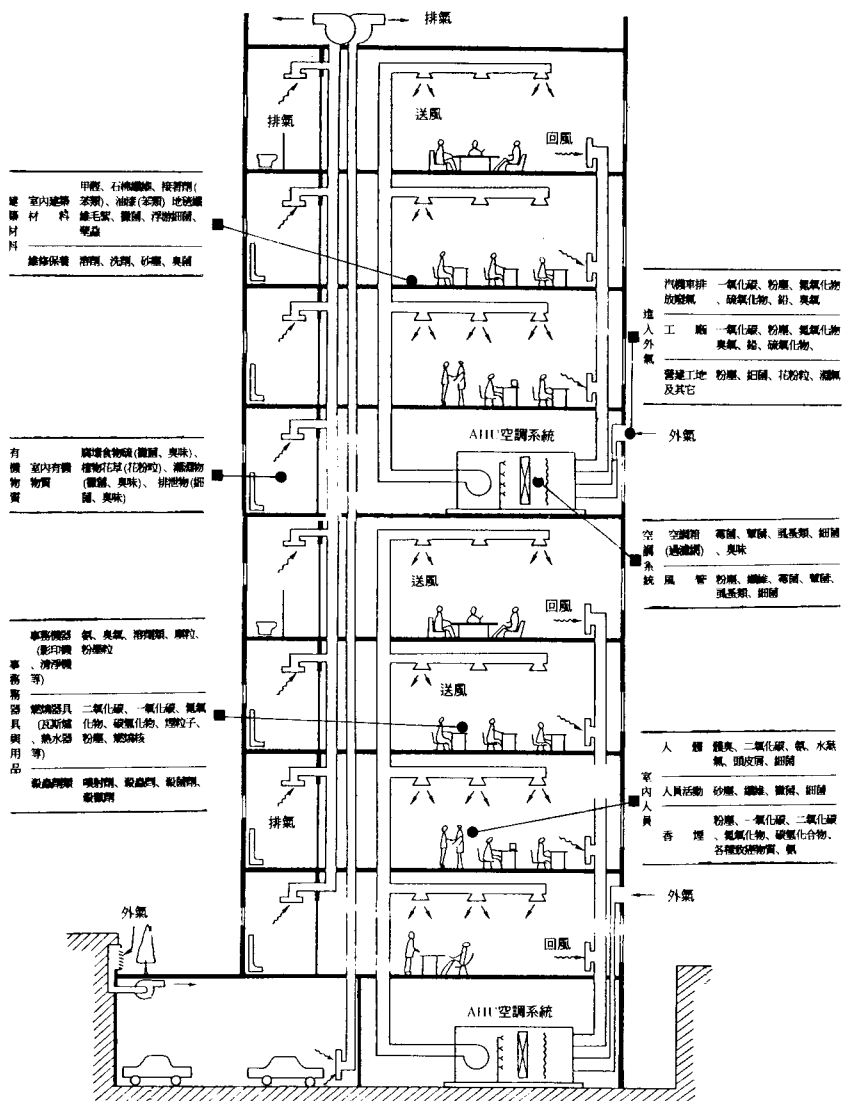


圖 5-1 辦公建築室內空氣污染物來源與種類示意圖

表5-1 辦公建築室內空氣品質改善對策建議表

-
- (1). 室內污染物發生源的控制
- a. 辦公室內儘可能不要抽煙，或另外設置吸煙室。
 - b. 室內裝修材料盡量避免使用纖維質材料，採用低污染性建築材料，如地毯及布質窗簾等。以免造成浮游粉塵濃度偏高現象。
 - c. 室內人員密度的控制，因為人本身是CO₂濃度主要發生源，如果人員密度高時，相對的其平均每人所佔氣積量減少，如果沒有增加外氣換氣量，會使得室內CO₂濃度值升高。故適當的人員密度，在室內空氣環境控制上必須加以考慮。
-
- (2). 室內通風換氣：室內污染空氣排出，導入室外清淨空氣。
- a. 適當引入外氣量可以降低室內CO₂濃度。
 - b. 吸煙室應特別設置排氣設備，以機械通風排氣設備導出其污染空氣，或設置空氣清淨機。避免其對辦公空間影響，進而確保室內空氣品質。
 - c. 進入外氣之清淨化：依據環保署監測資料，外氣已受相當污染，由本研究現場測定十個案例中，其結果有四案例之室外浮游粉塵濃度平均值超過美日0.15mg/m³室內基準值，可知外氣已不清淨。因此，都市地區中之辦公建築室內空氣品質不佳時，如以增加外氣換氣量來稀釋，在浮游粉塵濃度上其效果可能會適得其反；故此時應避免直接引入外氣，應透過適當過濾設施或空氣清淨裝置及送風機來送氣，並且過濾網需適時清洗更換，使進入外氣能清淨化。
-
- (3). 通風換氣系統設置要點：
- a. 設計換氣量必須大於室內污染物產生量。目前，美國ASHRAE 62-1989亦以定CO₂法計算每人所需換氣量。
 - b. 出風口與回風口適當設置，避免造成無法正常將污染物稀釋或排除。
 - c. 建議辦公建築採用AHU空調系統時，配合完整的過濾設施，並定期清洗、更換。並建議回風管及外氣引入風管均配管至空調箱中，並以機械風扇方式確保引入風量的配比。
 - d. 建議辦公建築採用FCU空調系統時，必須設置充足的新鮮外氣引入裝置，以稀釋室內重複循環之污濁空氣。
-
- (4). 其他降低室內污染物濃度技術：
- a. 藉化學反應而轉化為無害物質。
 - b. 吸附於物質表面。
-

5-1-2 辦公建築室內空氣品質規範值建議

透過室內空氣污染物濃度之定量測定，使室內空氣品質「可視化」，並依據本研究現場調查的個案例統計結果，以「平均值」與「標準差」之分佈，提出室內空氣污染因子（CO₂、CO、PM₁₀）之室內規範值，有關各案例的實測污染物濃度分佈狀況如圖5-2所示。

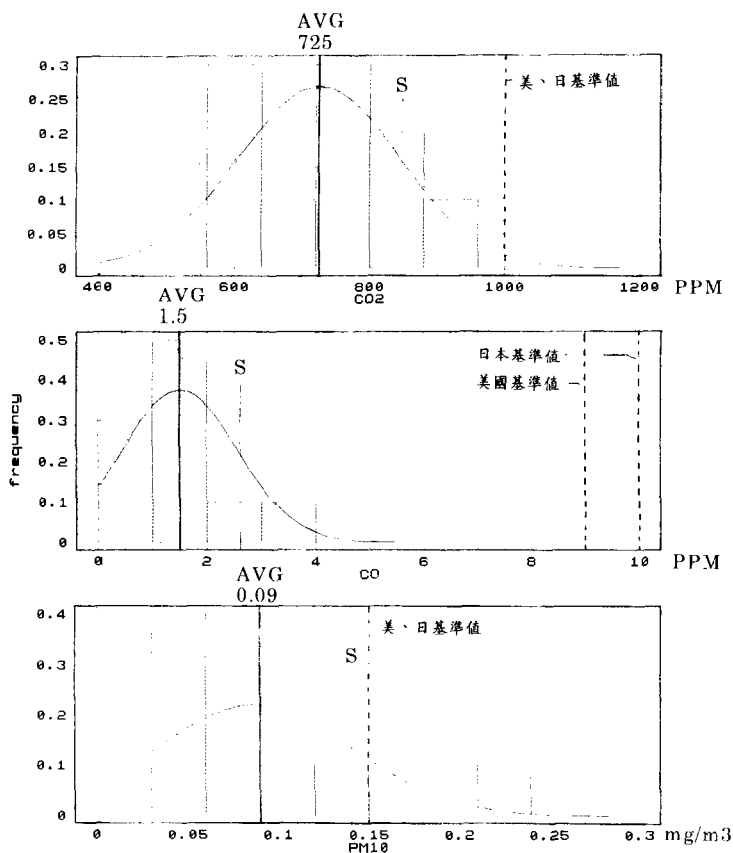


圖5-2 本研究全部案例之實測污染物濃度分佈狀況圖

本規範主要參考諸國外之推薦方式，將規範值分為三個等級，供設計、管理者（或單位）選擇參考。本研究建議之規範值的分級方式如下所述。而本研究建議之規範值如表5-2所示。

1. 第一級：擬以本土化（本次研究）測試案例之污染物濃度平均值，作為第一級推薦值。以此值來作為控制室內空氣污染物濃度的設計或管理，可確保室內空氣品質符合全部案例之半數。並與國外研究比對，可稱本級推薦值在維持「良好」的室內空氣品質。
2. 第二級：擬取第一級規範值與第三級規範值之中間值，作為第二級規範參考值。以此值來設計與管理辦公建築室內空氣品質，可緩衝因為尖峰值或設備系統之老舊，而使室內空氣污染物濃度超過第三級規範值。故可視本級參考值是在維持「中等」的室內空氣品質。
3. 第三級：擬參考美、日兩國之室內空氣管制基準值，作為第三級規範值。建議辦公建築設計與管理時，室內空氣品質至少應在本級規範以上。若超過本級規範值可視該辦公建築室內空氣品質為不良，可能將對室內辦公人員的身體健康造成影響。

表5-2 本研究建議之辦公建築室內空氣污染物濃度規範值

項 目	第 一 級	第 二 級	第 三 級
	「良好」推薦值	「中等」參考值	國外基準值
二氧化碳 (CO ₂) ppm	700 以下	850 以下	1000 以下
一氧化碳 (CO) ppm	1.5 以下	5 以下	10 以下
浮游粉塵 (PM ₁₀) mg/m ³	0.10 以下	0.125 以下	0.15 以下

- *1 本研究建議採用「第一級規範值」來作為空調設備系統設計與改善時，室內空氣品質設計值之依據。
- *2 本研究建議採用「第三級規範值」來作為室內空氣品質惡化之管理值（規則基準）。

5-2 辦公建築室內空氣品質管理規則之擬議

大多數辦公人員有 90 % 以上是待在室內，其中有三分之一比例的長時間處在辦公室中，為了保障辦公建築室內人員的「公共衛生」與「公共安全」，實有必要制定法令來保障室內人員「最低限度的健康需求」。這其中當然包含各方面領域，如防災、防火、防音、採光、溫熱環境、空氣品質...等。

由辦公建築的現場測定結果顯示，如圖 4-14-A、圖 4-14-B、圖 4-14-C 所示，上班時段在室內作業面測點的實測平均值，以美、日二國基準值來作評估，有 10 % 案例的室內污染物濃度超過標準，視為不合格；而在空調出口風口測點則有 30 % 案例視為不合格。可見，現階段有訂定辦公建築室內空氣品質的急迫性。

在辦公建築室內空氣品質這方面，我國目前採行的通風法規中，僅規定開窗的有效面積（自然通風）、以及通風量（機械通風設備），卻沒有室內空氣污染物濃度之管制規定。而美、日二國則已將室內空氣污染物濃度管制，納入法規管理體系中。

5-2-1 辦公建築室內空氣品質管理事項之檢討與建議

建築法第 1 條規定：「為實施建築管理，以維護公共安全、公共交通、公共衛生及增進市容觀瞻，特制定本法；本法為規定者，適用其他法律之規定。」由此看來，其立法精神以便於施行建築管理為主，並維護公共安全、公共交通、公共衛生及市容觀瞻。而有關建築物室內空氣品質管理條文則甚不完整。比較國內外法規在現階段所蒐集之資料（表 5-3）顯示，在完善的辦公建築室內空氣品質管理法令體系之中，應包含在「設計審照階段」時，辦公建築空調設備系統與室內空氣品質等之設計管理，以及「使用階段」之定期管理，以此來確保辦公建築之「公共安全」與「公共衛生」。

為了落實辦公建築室內空氣品質的管理與執行，有必要清楚界定下列各項內容。

1. 管理項目：

依第二章之文獻回顧，辦公建築室內空氣污染物的種類繁多，目前無法針對各個污染物做全面之管制，有必要對污染物的影響排定優先管理順序。本研究建議的管理項目為一氧化碳（CO）、二氧化碳（CO₂）以及粒徑 10 μm 以下之浮游粉塵（PM₁₀）三項，其說明如表 5-4 所示。

表5-3 我國與美、日兩國之辦公建築室內空氣品質管理法令比較

項 目	我 國 (•1)	日 本 (•2)	美 國 U B C (•3)	美 國 B O C A (•4)
設計階段 管理方式	規定： ■有效開口面積 •建築技術規則設計 施工編第四十一條 ■自然通風設備 •有效斷面積(公式) •建築技術規則設計 施工編第四十四條 ■機械通風設備 •通風量(含表) •建築技術規則建築 設備編第一百零一 條、第一百 零二條	規定： ■有效開口面積 •建築基準法第二十 八條 ■自然通風設備 •有效斷面積(公式) •建築基準法施行令 第二十二條之二第 一項、百二十九條之 二之一第一項 ■機械通風設備 •換氣量(公式) •建築基準法施行令 第二十二條之二第 一項、百二十九條之 二之一第二項 •空氣品質管制基準 •中央管理方式空調 設備 •建築基準法施行令 百二十九條之二 之一第一項	待查	規定： ■自然通風 •最小開口部面積 •S.B.C SECTION 706 ■機械通風 •每人所需最小通風 量(含表) •S.M.C SECTION M 1602 •再循環量 •S.M.C SECTION M 1603 •小於67%的通風量
中央管理 式空調設 備在設計 階段之空 氣品質管 理項目	尚缺	•浮游粉塵量 •二氧化碳濃度 •二氧化碳濃度 •溫度 •濕度 •氣流	待查	•微粒量 •臭氣 •二氧化硫 •一氧化碳 •光化合物 •碳水化合物 •二氧化氮
辦公建築 機械通風 設備在使 用階段之 管理方式	隨樓地板面積而改變， 與室內人員密度無關。	隨樓地板面積與室內人 員密度之改變而增減。	控制室內人員密度，可 以每人所需換氣量來推 估。	控制室內人員密度，可 以每人所需換氣量來推 估。
使用階段 管理方式	■依據建築法十七條 訂定 •目前尚缺	■空氣品質管制基準， 針對中央管理方式空 調設備 •建物衛生管理法第 四條 •建物衛生管理法施 行令第二條	待查	■避免危害健康 •S.B.C SECTION 3019 •備原則性敘述
中央管理 式空調設 備在使 用階段之 空氣品質 管理項目	尚缺	•浮游粉塵量 •二氧化碳濃度 •二氧化碳濃度 •溫度 •濕度 •氣流	待查	•浮游粉塵 •臭氣 •其他有害因子 (備定性描述)

•1 我國法規 91：表中法令為建築技術規則設計施工編之通風規定。另外，使用管理則尚無。

•2 日本法規 91：設計管理依「建築基準法」；使用管理依「建物衛生管理法」。

•3 美國 U B C 91：

•4 美國 B O C A 87：設計管理依 B O C A S.B.C Article 7、S.M.C Article 16.17；使用管理依 Article 20。

•5 我國機械通風設備通風量與美、日兩國法規比較(辦公建築)：

a. ASHRAE 62-1989 規定，每人最小通風量為 20 cfm。其中 1 cfm (lit/min) = 1.7 m³/hr

∴ 20 cfm = 34 m³/hr (此為每人最小通風量) 又 室內密度為 每 100 m³ 7 人

∴ 每平方公尺換氣量為 34×7/100 = 2.38 m³/hr m²。

b. 日本建築基準法施行令第二十二條之二規定，機械換氣設備有效換氣量為 $V(m^3/hr) = 20 A_f / N$

式中，A_f 表室內樓地板面積；N 表實際 1 人所佔面積(超過 10 時以 10 計算)

∴ 每平方公尺換氣量為 (20 A_f/10)/A_f = 2 m³/hr m²。

c. 我國技術規則建築設備編第一百零二條規定，辦公室內機械通風設備所需通風量為 10 m³/hr m²。

由此顯示我國通風量標準遠大於美、日兩國法規標準，必須進一步檢討我國通風量標準。

表5-4 本研究建議之辦公建築室內空氣品質管理項目

建議項目	說明
一氧化碳 CO	• 室外空氣環境的次要污染物（4-1節），其指標污染物比例為 6.9%~17.6%（圖4-2）。 • 對人體健康危害相當大（2-4-1 小節）。
二氧化碳 CO ₂	• 主要來源為室內人員代謝，所以直接關係到室內人員密度（2-3節）。 • 美、日等國均將 CO₂ 濃度納入室內空氣品質管制（3-3節），ASHRAE 62 亦以 CO₂ 濃度來訂定每人所需換氣量（4-3-5 小節）。
浮游粉塵 PM ₁₀	• 室外空氣環境的主要污染物（4-1節），其指標污染物比例為 71.7%~86.3%（4-2 圖）。 • 粒徑 10 μm 以下之懸浮微粒，對人體健康具有累積性危害，並導致死亡率增加（2-4-3 小節）。

2. 管理基準值：

關於室內空氣污染物濃度對本土化人體健康之影響，必須透過臨床實驗之長年累積研究，方能下定論。而現階段已有必要針對我國辦公建築室內空氣品質的管理，擬定管理基準值。因此，本研究建議現階段可參考國外法規之管制值與污染物濃度表示單位，作為目前建築設計與管理之參考規範，並有利於與國外案例比較。本研究建議之規範參考值以及說明，如表5-5 所示。

3. 測定方式：

因為測定目的之不同，室內空氣污染物濃度之測定可分為「日常測定」與「特殊測定」兩種。「日常測定」主要是以簡約的測定方式，作定期測定記錄的建物管理，可初步反應室內空氣品質現況，本研究擬議的日常測定內容如表5-6 所示。

在日常測定值超過管制值，必須探究原因以便著手改善時，則進行「特殊測定」以掌握時態，主要有「平面分佈調查」、「垂直分佈調查」及「歷時變動調查」三項。如表5-7 A、圖5-3-A，表5-7-B、圖5-3-B，表5-7-C、圖5-3-C 所示。就管理角度而言，現階段可實施的「特殊測定」，以「歷時變動調查」項目較兼具方便性與可行性。

表5-5 本研究建議之辦公建築室內空氣污染物濃度管理項目與說明

建議項目	濃度單位	說 明
一氧化碳 CO	ppm	- 同日本基準值，美國 ASHRAE 62-89 為 9 ppm。 - 常溫下，一氧化碳為氣態，故採「相對體積濃度」表示。
二氧化碳 CO ₂	ppm	- 同美、日基準值。 - 常溫下，二氧化碳為氣態，故採「相對體積濃度」表示。
浮游粉塵 PM ₁₀	mg / m ³	- 同美、日基準值。 - 屬粒狀污染物，故採「絕對重量濃度」表示。 - 環保法規之污染濃度表示單位為 $\mu\text{g} / \text{m}^3$。其中 1 mg = 1000 μg。

表5-6 本研究擬議之日常測定內容與說明

內 容	本 研 究 擬 議	說 明
A. 判 別 值	• 平均值 (三次測定值之平均)	• 依「測定時段」內的一次測定值作算術平均。
B. 測定時段	• 上班後 1 小時 • 中間時段 • 下班前 1 小時	• 每次測定至少 10 分鐘，取樣間隔 5 秒鐘一筆。 • 可增加對空調停止運轉後的「加班時段」，實施測定調查。
C. 測定次數	每 2 個月定期測定 1 次	• 有問題時，則實施改善調查與特殊測定。
D. 測定地點	建物每層個別測定	• 依使用權屬來區分。
E. 外氣測定	與每次室內測定同時進行	• 外氣測定點以「外氣引入口」附近為原則。 • 若上述地點無法實施，亦可於屋頂處測定，但應選在不受排氣口影響的地點。
F. 測定位置	居室中央部位	• 並不一定在居室的正中央，亦應考慮出風口與回風口的位置，評估選定代表位置。
G. 測點高度	樓板面上 75~120 cm	• 此範圍為室內人員坐姿的頭部高度。
H. 測 點 數	• 每使用單位 1 點 • 每層樓至少 1 點	• 測點數可依用途、規模等而增加。

• 參考資料：日本建築管理規則

表5-7-A 本研究擬議之特殊測定－平面分布調查解說

■ 目 的	■ 問題點	■ 測定方式
• 室內不同用途的空氣環境調查 • 施行對象主要為一氧化碳、二氧化碳以及浮游粉塵 • 找出污染源的位	• 室內空氣污染物濃度分佈不均 • 局部或時間性所產生的污染物	• 使用多部測定儀器或使用捕氣袋，作短時間測定。 • 使用多部測定儀器時，必須正確掌握各測定儀器間誤差。 • 測定位置通常置於樓地板上75～120 cm。 • 測定時，一併調查外氣條件、通路條件以及氣流吹出狀況。 • 1室分布16測點以上為原則，大面積的居室採每10～30m²設1測點。 • 必須考慮測定人員及室內人員的影響。 • 繪製等濃度線圖，可瞭解污染來源與原因。

■ 圖 例

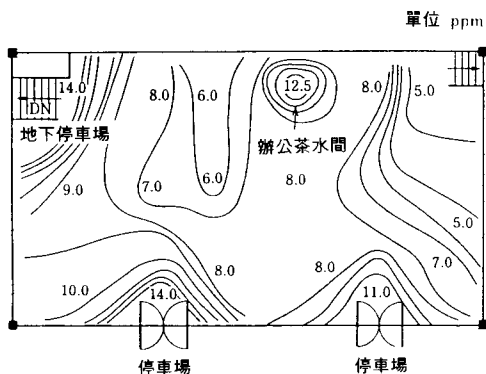


圖5-3-A 特殊測定－平面分布調查圖例

表5-7-B 本研究擬議之特殊測定－垂直分布調查解說

■ 目 的	■ 問題點	■ 測定方式
• 污染物質的擴散狀況 • 吹出空氣的到達距離	• 室內空氣污染物質濃度分佈不均 • 局部或時間性所產生的污染物質 • 污染物質停滯現象	• 使用多部測定儀器或使用捕氣袋，作短時間測定。 • 使用多部測定儀器時，必須正確掌握各測定儀器間誤差。 • 必須考慮測定人員及室內人員的影響。 • 繪製等濃度線圖，可瞭解污染來源與原因。 • 從天花板到樓地板間，儘可能安排多點測定。

■ 圖 例

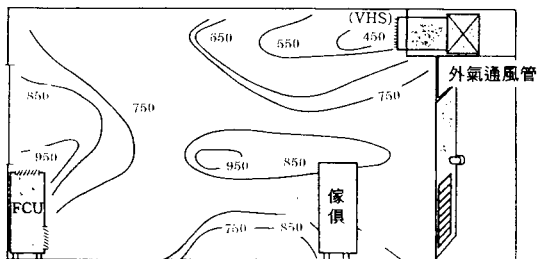


圖5-3-B 室內二氧化碳濃度之特殊測定－垂直分布調查圖例

表5-7-C 本研究擬議之特殊測定－歷時變動調查解說

■ 目 的	■ 問題點	■ 測定方式
• 各項空氣污染物的原因調查 • 依照時間變動，實施維持管理對策	• 室內空氣污染物濃度出現恆定性、時間性、季節性偏高現象 • 與樓層別、地點別、空調系統別而有差別	• 最好採用連續測定儀器，使用連續測定儀器時，必須控制時段、處所、位置與高度等測試條件不變，以求得正確的資料。 • 作24小時連續測定。 • 外氣條件也要一併調查。 • 各種建物的境界條件，隨著測定項目均必須記錄，供評估、判斷之用。 • 除了時段的比較外，也可比較週間、月間、季間、年間的變化。另外，也可作兩項不同因子之相關性比較。

■ 圖 例

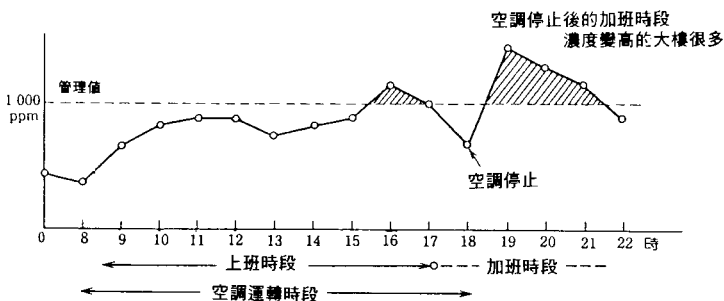


圖5-3-C 室內二氧化碳之特殊測定－歷時變動調查圖例

5-2-2 辦公建築室內空氣品質管理條文之建議

1. 設計階段之建築技術規則修正建議

本研究擬由現有之「通風」規定中，增列有關辦公建築「室內空氣品質」，在設計階段之管理條文；並建議修正現有通風規定，使建築管理能夠落實，如表5-8所示。

表5-8 建築技術規則增列室內空氣品質管理之修正建議

現 有 條 文	修 正 條 文	說 明
設計施工編第四十三條 (通風)居室應設置能與戶外空氣直接流通之窗戶或開口，或有效之自然通風設備或機械通風設備，並依下列規定： 一、一般居室及浴廁之窗戶有效通風面積，不得小於該室樓地板面積百分之五，但設置符合規定之自然或機械通風設備者不在此限。 二、廚房之有效通風開口面積，不得小於該室樓地板面積十分之一，且不得小於0.8平方公尺，但設置符合規定之機械通風設備者不在此限。廚房樓地板面積在100平方公尺以上者，應另設排除油煙設備。 三、有效通風面積為達該室樓地板面積十分之一之戲院、電影院、演藝場集會堂等之觀眾席及使用爐灶等燃燒設備之鍋爐間、工作室等，應依建築設備編之規定設置適當之機械通風設備，但所使用之燃燒器具與設備可直接自戶外導進空氣，並能將所發生之廢氣物，直接排至戶外而無污染室內空氣之情形者，不在此限。	設計施工編第四十三條 (通風)居室應設置能與戶外空氣直接流通之窗戶或開口，或有效之自然通風設備或機械通風設備，並依下列規定： 一、一般居室及浴廁之窗戶有效通風面積，不得小於該室樓地板面積百分之五，但設置符合建築設備編規定之自然或機械通風設備者不在此限。 二、廚房之有效通風開口面積，不得小於該室樓地板面積十分之一，且不得小於0.8平方公尺，但設置符合規定之機械通風設備者不在此限。廚房樓地板面積在100平方公尺以上者，應另設排除油煙設備。 三、有效通風面積為達該室樓地板面積十分之一之戲院、電影院、演藝場集會堂等之觀眾席及使用爐灶等燃燒設備之鍋爐間、工作室等，應依建築設備編之規定設置適當之機械通風設備，但所使用之燃燒器具與設備可直接自戶外導進空氣，並能將所發生之廢氣物，直接排至戶外而無污染室內空氣之情形者，不在此限。 四、建築物採用機械通風設備者，該設備應符合建築設備編第一百零二條之通風量與室內空氣品質設計基準之規定。	1. 指明本條第一款自然與機械通風設備之規定出處。 2. 由於法規乃在保障人民之最低限度安全及健康要求，所以通風設備的性能應同時符合本研究建議之規定。 3. 新增室內空氣品質設計基準及其適用性規定。
建築設備編第一百條 (通則)本規則建築設計施工編第四十三條規定之機械通風設備，其構造應依本節規定。	建築設備編第一百條 (通則)本規則建築設計施工編第四十三條規定之機械通風設備，其構造應依本節規定。	

表 5-8 建築技術規則增列室內空氣品質管理之修正建議 (續)

現 有 條 文	修 正 條 文	說 明																												
建築設備編第一百零一條 (通風系統) 機械通風系統應依實際情況, 採用下列系統: 一、機械送風及機械排風。 二、機械送風及自然排風。 三、自然送風及機械排風。	建築設備編第一百零一條 (通風系統) 機械通風系統應依實際情況, 採用下列系統: 一、機械送風及機械排風。 二、機械送風及自然排風。 三、自然送風及機械排風。																													
建築設備編第一百零二條 (通風量) 建築物供各種用途使用之空間, 設置機械通風設備時, 通風量不得小於下表規定:	建築設備編第一百零二條 (通風量與室內空氣品質設計基準值) 建築物供各種用途使用之空間, 設置機械通風設備時, 應依下列規定: 一、通風量不得小於下表規定:	1. 增列室內空氣品質設計基準值。 2. 我國規定之通風量, 詳與樓地板面積有關, 而沒有隨室內人員密度而改變, 此是問題之一; 其次, 就辦公室之所需通風量與國外法規比較, 換算成相同單位後, 我國為 10、日本為 2、美國為 2.38。值得深入探討。																												
<table><tr><th rowspan="2">房間用途</th><th colspan="2">樓地板面積每平方公尺所需通風量 m^3/hr</th></tr><tr><th>前條第一、二兩款通風方式</th><th>前條第三款通風方式</th></tr><tr><td>.....</td><td>..</td><td>..</td></tr><tr><td>辦公室 會客室</td><td>10</td><td>10</td></tr><tr><td>.....</td><td>..</td><td>..</td></tr></table>	房間用途	樓地板面積每平方公尺所需通風量 m^3/hr		前條第一、二兩款通風方式	前條第三款通風方式		..	..	辦公室 會客室	10	10		..	..	<table><tr><th rowspan="2">房間用途</th><th colspan="2">樓地板面積每平方公尺所需通風量 m^3/hr</th></tr><tr><th>前條第一、二兩款通風方式</th><th>前條第三款通風方式</th></tr><tr><td>.....</td><td>..</td><td>..</td></tr><tr><td>辦公室 會客室</td><td>*1 10</td><td>*1 10</td></tr><tr><td>.....</td><td>..</td><td>..</td></tr></table>	房間用途	樓地板面積每平方公尺所需通風量 m^3/hr		前條第一、二兩款通風方式	前條第三款通風方式		..	..	辦公室 會客室	*1 10	*1 10		..	..	
房間用途		樓地板面積每平方公尺所需通風量 m^3/hr																												
	前條第一、二兩款通風方式	前條第三款通風方式																												
.....	..	..																												
辦公室 會客室	10	10																												
.....	..	..																												
房間用途	樓地板面積每平方公尺所需通風量 m^3/hr																													
	前條第一、二兩款通風方式	前條第三款通風方式																												
.....	..	..																												
辦公室 會客室	*1 10	*1 10																												
.....	..	..																												
	二、室內空氣品質設計值不得超過下表規定之基準值:	3. 新增第二款來管理室內空氣品質。 4. 表中基準值, 在此提供國外標準以參考: • 二氧化 美: 1000 日: 1000 • 一 美: 9 日: 10 • 浮游粉塵 美: 0.15 日: 0.15																												
	<table><tr><th>房間用途</th><th>二 化 化 碳</th><th>一 化 化 碳</th><th>浮 游 粉 塵</th></tr><tr><td>.....</td><td>..</td><td>..</td><td>..</td></tr><tr><td>辦 公 室</td><td>*2 1000 ppm</td><td>*2 10 ppm</td><td>*2 0.15 mg/m³</td></tr><tr><td>.....</td><td>.....</td><td>.....</td><td>.....</td></tr></table>	房間用途	二 化 化 碳	一 化 化 碳	浮 游 粉 塵		..	..	..	辦 公 室	*2 1000 ppm	*2 10 ppm	*2 0.15 mg/m ³																	
房間用途	二 化 化 碳	一 化 化 碳	浮 游 粉 塵																											
.....	..	..	..																											
辦 公 室	*2 1000 ppm	*2 10 ppm	*2 0.15 mg/m ³																											
.....																														

*1 現有規定之所需通風量 10 m^3/hr , 較美、日標準要高, 待確認。

*2 本次測定案例多為近五年完工之辦公建築, 尚能符合本建議基準, 並有必要繼續針對老舊辦公建築, 進行調查。

2. 使用階段之辦公建築室內空氣品質管理規則擬議

參考國外對室內空氣品質之管理法規，本研究擬以室內空氣品質之測定管理為主軸，而將辦公建築列為管理對象之一，期使本研究擬議規則之相容性。以下為擬議條文及說明：

建築物室內空氣品質使用管理規則擬議

第一條 （依據）本規則依建築法（以下簡稱本法）第七十七條規定訂定之。

說明：明定本規則之法源依據。

第二條 （目的）為加強實施使用階段的建築管理，以維護公共安全與公共衛生，並確保建築物室內空氣品質，特制定本規則。

說明：本規則目的在加強建築使用管理，確保室內空氣品質。

第三條 （適用對象）適用於本規則管理之建築物如下：
一、採用機械通風設備之辦公建築。
前項適用對象與認定標準由內政部定之。

說明：將本次研究之採用機械通風設備之辦公建築列入管理。

第四條 （管理方式）主管建築機關應定期派員至列入本規則管之建築物，進行現場測定。
前項調查之室內空氣品質不合規定者，依本法第七十七條第三項之規定辦理。
前項不合規定之認定標準依本規則第九條之規定。
第一項主管建築機關無法執行測定時，得委由合格的專責管理機構代為測定。
前項管理機構之審核辦法由內政部訂定之。

說明：界定管理單位、使用單位與測定單位之權責關係。

第五條 （測定方式）現場測定分下列兩種：
一、日常測定：作為定期管理之簡易測定。
二、特殊測定：作為探究原因之歷時變動測定。

說明：「日常測定」主要是以簡約的測定方式，作定期與長期之測定管理，可初步反應室內空氣品質現況；在日常測定值超過基準值，必須探究原因以便著手改善時，則進行「特殊測定」以掌握實態。

第六條 （日常測定）進行日常測定時，應依下列規定辦理：

- 一、測定次數：至少每兩個月測定一次。
- 二、測定地點：建築物每層個別測定。
- 三、測點分佈：每一使用單元一點，每層樓至少一點。規模大的建築物，其測點數可增加。
- 四、測定時段：選擇上班一小時後、中間時段以及下班前一小時三個時段，每次測定至少十分鐘，取樣間隔為五秒鐘一筆。
- 五、測點位置：居室的中央位置。但並不一定在居室的正中央，亦應考慮出風口與回風口的位置。
- 六、測點高度：樓地板面上75公分至120公分。
- 七、外氣測定：與室內測定同時進行。其位置在外氣引入口附近為原則，若上述地點無法實施，可於屋頂處測定，但應在不受排氣口影響的位置。
- 八、測定項目：二氧化碳、一氧化碳及浮游粉塵三項。
- 九、判別值：取三個時段測定的算術平均值，作為室內空氣品質合格與否的判別依據。

前項日常測定應詳實填具測定記錄表（如附件一），並記錄室內人數、吸菸人數、溫度、濕度以及風速等。

第一項日常測定使用儀器之性能與規格由內政部定之。

說明：日常測定以簡約與方便執行為原則。

第七條 （特殊測定）進行特殊測定時，應依下列規定辦理：

- 一、測定時機：由日常測定認定室內空氣品質不合格時，則實施特殊測定以探究原因。
- 二、測定地點：建築物每層個別測定。
- 三、測點分佈：每一使用單元一點，每層樓至少一點。
- 四、測定時段：二十四小時連續測定。
- 五、測點位置：居室的中央位置。但並不一定在居室的正中央，亦應考慮出風口與回風口的位置。
- 六、測點高度：樓地板面上75公分至120公分。
- 七、外氣測定：與室內測定同時進行。其位置在外氣引入口附近為原則，若上述地點無法實施，可於屋頂處測定，但應在不受排氣口影響的位置。
- 八、測定項目：二氧化碳、一氧化碳及浮游粉塵三項。

九、判別值：每小時值個別記錄。

前項特殊測定應詳實填具測定記錄表（如附件二），並記錄室內人數、吸菸人數、溫度、濕度以及風速等。

第一項特殊測定使用儀器之性能與規格由內政部定之。

第一項第一款不合規定之認定標準依本規則第九條之規定。

說明：本研究擬議採用之特殊測定為歷時變動調查。

第八條 （管理基準值）室內空氣品質之管理基準如下：

管 理 項 目	表示單位	基 準 值
二氧化碳(CO ₂)	p p m	(* 1)
一氧化碳(CO)	p p m	(* 2)
浮游粉塵(P M ₁₀)	m g / m ³	(* 3)

說明：在此列出國外基準值，以供參考。

(* 1) --美、日基準值為 1000 ppm。

(* 2) --美國基準值為 9 ppm，日本基準值為 10 ppm。

(* 3) --美、日基準值為 0.15 mg/m³。

第九條 （認定方式）建築物進行室內空氣品質之日常測定或特殊測定時，三項汙染物測定濃度中，應小於前條規定之管理基準。若其中任一項超過管理基準值，則認定該建築物之室內空氣品質不合格，應儘速改善之。

說明：解釋室內空氣實測值與管理基準值之應用，以及其與室內空氣品質之關係。

第十條 （罰則）適用本規則之建築物，其所有人或使用人拒絕或未定期實施本規則之測定者，依本法第九十一條規定辦理。

說明：以「強制管理」方式行之，其確保辦公建築之公共衛生。

附件一

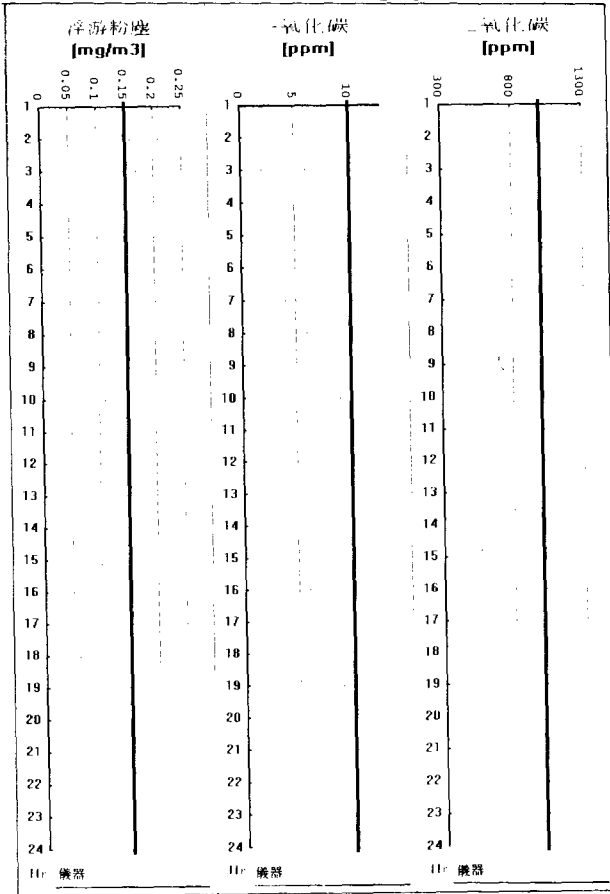
日常測定記錄表

建築物名	測定年月日	民國	年 月 日										備註	評鑑	
			室內狀況		二氧化碳		一氧化碳		浮游粉塵		空氣測定項目				
			時刻	室內人數	室外人數	1000 ppm 以下	測定值	ppm	10 ppm 以下	測定值	ppm	溫度			相對濕度
測定場所											17 ~ 28 °C	40 ~ 70 %	0.5 mmsec 以下		
測定場所											°C	%	mmsec		
— F P —															
— F P —															
— F P —															
— F P —															
— F P —															
— F P —															
外 觀															
測定使用儀器															

附件二

特殊測定 歷時變動記錄表

建築物名		符	外氣	室內
測定日	民國 年 月 日	時間	上午	下午
號				



5-2-3 辦公建築室內空氣品質管理應用實例

本節為辦公建築進行室內空氣品質管理的應用實例。

假設某甲大樓為12層樓出租型辦公大樓，每層為獨立之使用單元；其空調系統為FCU系統併用風管引入外氣（機械通風設備）。以本擬議之管理規則，測定其室內空氣污染物濃度。以下為甲大樓之基本資料：

1. 建築樓層：地上12層、地下2層。
2. 完工年代：民國79年。
3. 主要構造：鋼筋混凝土柱梁構造、
木造輕隔間牆。
4. 空調換氣系統：FCU (Fan Coil Unit) 併用風管引入外氣之系統。
 - 出風 天花板下吹式風管機鼓風。
 - 回風 自然滲透排氣。
5. 使用空間室內面積：每層 193 m²。
6. 使用空間室內容積：每層 405.3 m³。
7. 室內人員平均密度：15.4 人。
8. 室內裝修：地坪 PVC地磚、
牆面 刷水泥漆、
布面OA半隔板、
天花 礦纖板。

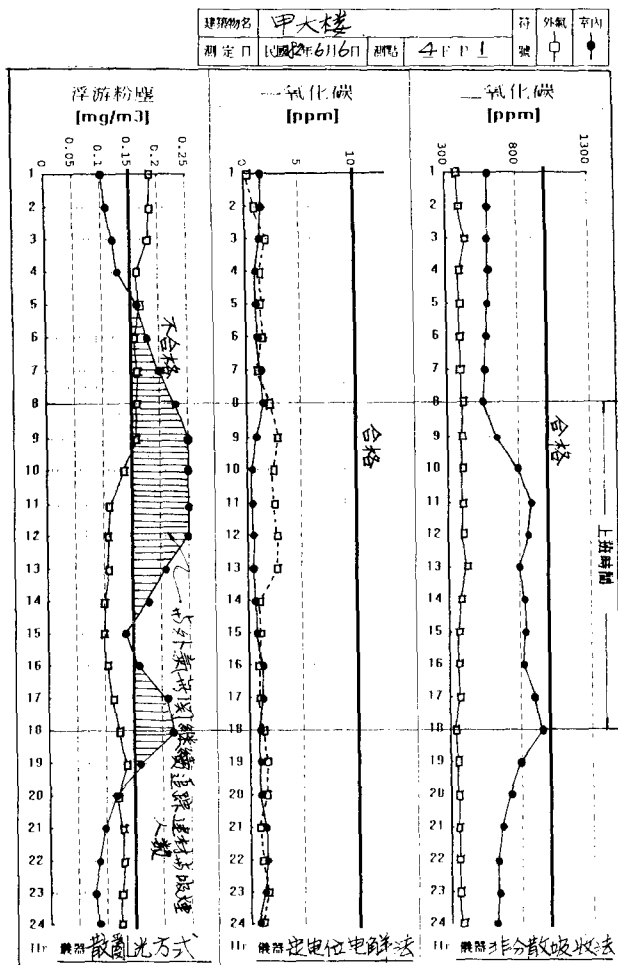
甲大樓依本研究擬議之規則實施有關室內空氣品質之建築使用管理，進行「日常測定」作一般性管理，表5-9為實施日常測定時之記錄實例。當日常測定值超過「管理基準值」時，則實施「特殊測定」調查，分析室內空氣品質不良時段，並與室內使用現況之調查比對，以探究原因。表5-10為實施特殊測定之記錄實例。

表 5-9 日常測定記錄範例表

建築物名		測定年月日		甲大樓										測定使用儀器	測定場所	測定場所	備註	評語
民國 82 年 6 月 5 日		室內空氣		二 氧 化 碳		一 氧 化 碳		厚 粉 塵		PM ₁₀		PM ₁₀						
測定場所	測定場所	時間	人數	CO ₂ 測定值	CO ₂ 標準值	CO ₂ 測定值	CO ₂ 標準值	CO ₂ 測定值	CO ₂ 標準值	PM ₁₀ 測定值	PM ₁₀ 標準值	PM ₁₀ 測定值	PM ₁₀ 標準值	備註	評語	評語		
2F 11	13:30	9:05	15	3	746	1.5	2.0	0.05	0.05	23	55	—	—	合格。	合格。	合格。		
		13:30	16	0	900	890	21	0.05	0.05	27	53	—	—	CO ₂ 超過	PM ₁₀ 超過	PM ₁₀ 超過		
		16:30	14	4	703	21	0.05	0.05	0.05	20	53	—	—	PM ₁₀ 超過	PM ₁₀ 超過	PM ₁₀ 超過		
4F 11	13:45	9:20	9	3	725	0.8	0.9	0.21	0.23	21	52	—	—	合格。	合格。	合格。		
		13:45	7	1	805	793	0.3	0.21	0.23	21	53	—	—	CO ₂ 超過	PM ₁₀ 超過	PM ₁₀ 超過		
		16:45	8	3	850	1.5	1.5	0.12	0.14	23	57	—	—	合格。	合格。	合格。		
6F 11	14:00	9:35	14	0	650	1.5	1.7	0.10	0.14	23	58	—	—	合格。	合格。	合格。		
		14:00	15	0	800	808	1.6	0.10	0.14	23	58	—	—	CO ₂ 超過	PM ₁₀ 超過	PM ₁₀ 超過		
		17:00	15	0	975	2.0	2.0	0.13	0.13	26	60	—	—	合格，但建議進行特殊測試。	合格。	合格。		
8F 11	14:15	9:50	20	6	605	0.8	0.8	0.05	0.05	28	52	—	—	合格。	合格。	合格。		
		14:15	18	2	1085	907	2.0	1.4	0.05	0.05	28	52	—	—	CO ₂ 超過	PM ₁₀ 超過	PM ₁₀ 超過	
		17:15	22	6	1039	1.4	1.4	0.05	0.05	26	56	—	—	合格。	合格。	合格。		
10F 11	14:30	10:05	11	3	1155	0.5	0.5	0.13	0.13	28	56	—	—	合格。	合格。	合格。		
		14:30	11	1	790	812	0.6	0.6	0.15	0.15	25	56	—	—	合格。	合格。	合格。	
		17:30	12	4	870	0.6	0.6	0.12	0.12	30	40	—	—	合格。	合格。	合格。		
外 部 空氣入口	14:45	10:20	20	405	1.9	1.9	0.18	0.17	0.17	31	38	—	—	合格。	合格。	合格。		
		14:45	14	385	390	1.0	2.2	0.17	0.17	28	49	—	—	合格。	合格。	合格。		
		17:45	17	380	3.6	3.6	0.17	0.17	0.17	28	49	—	—	合格。	合格。	合格。		

表5-10 特殊測定記錄範例表

特殊測定—歷時變動記錄表



5-3 辦公建築室內空氣品質管理流程之擬議

為了有效確保辦公建築室內空氣品質，必須考慮建築物自設計至拆除的整個生命週期流程中，各階段主管機關在執行建築管理業務時，所可能面臨的問題點，其可供改進之建議如表5-11所示。對應到生命週期流程時，建議加以補強管理的要點如圖5-4-A、5-4-B、5-4-C所示。

表5-11 辦公建築室內空氣品質管理系統之檢討與建議

	問題檢討	建議
設計階段	目前在设计過程中欠缺管理，使空氣品質管理等專業領域的設計品質無法落實。	1.儘早施行專業技師簽證制。 2.增列室內空氣品質管理技師檢定者，或併入其他專業技師中，以確保專業設計之品質。
審照階段	1.建築法第34條規定直轄市、縣(市)(局)主管建築機關審查或鑑定建築物工程圖樣及說明書，應就「規定項目」為之，其餘項目由建築師或專業工業技師依建築法規定簽證負責。第34條之1又規定，前述規定項目由內政部訂定之。迄今尚未訂出「規定項目」內容，也無施行技師簽證制，無法確保品質。 2.各專業項目在申請建照時應繳交之文檔、表格，尚未制定規範供遵循。	儘速明定專業技師簽證項目，並配合主管機關之審查。 明定審照時應檢附設備或材料所需檢驗之污染物項目，以及濃度測試之表格式樣，以利遵循。
施工階段	1.變更設計後的相關專業項目如何確保其品質，並未明定其細則與項目。 2.建築法第56條規定，建築工程必須驗收部份應由承造人會同監造人按時申報。其必須驗收部份按省、市建築管理規則僅限於基礎與樓板結構驗收。其他項目則依第58條規定，主管機關認為有必要時得隨時函驗，發現有 a.妨礙都市計畫 b.妨礙區域計畫 c.危害公共安全 d.妨礙公共衛生 e.妨礙公共衛生 f.主要構造或位置或高度或面積與核定工程圖樣及說明書不符者 g.違反本法其他規定或基於本法所發布之命令者 可書面通知承造人或起造人或監造人，勒令停工或修改，必要時得強制拆除。	變更設計後應檢附專業技師之簽證或測試報告書。 1.因為建築法第58條對專業技術設計部份並無明確遵循規定，屬主管機關之行政裁量權。建議對於專業技術設計部份之施工品質，應完全授權專業技師負責監督。 2.由於室內建材也是室內空氣污染的來源之一，所以應將室內設計裝潢業者，明文納入管理系統中。並建議以檢定者方式確保室內設計裝潢業者之專業能力，保障室內空氣品質。
使用階段	1.建築法第77條規定，主管建築機關對於建築物得隨時派員檢查其有關公共安全與公共衛生之構造與設備，供公眾使用之建築物，並應定期會同各有關機關檢查。其檢查標準及項目由內政部定之。辦公建築屬供公眾使用之建築物，依法應定期檢查，但有關室內空氣品質之使用管理則無。 2.申請變更使用應於建築法第71、75條規定，檢附原使用執照與變更用途說明書，至於專業技術領域的適用性並無在檢驗的措施。	1.明定辦公建築室內空氣品質使用管理項目、標準及檢測採辦用的表格式樣，以利建築主管機關定期檢查使用。 2.由於人力與機器之限制，建議考慮委託由專業技師或專業管理機構代為不定期檢查，由建築主管機關不定期抽驗。 變更使用應提出專業技師簽證或專業機構之評估報告書，以審核使用執照。

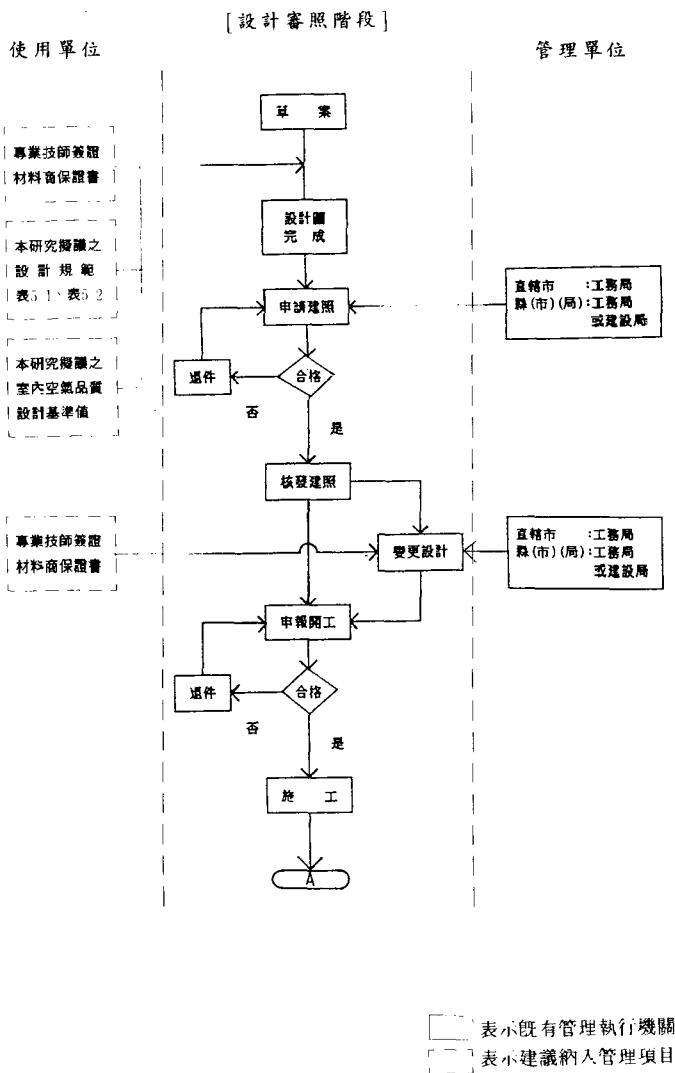
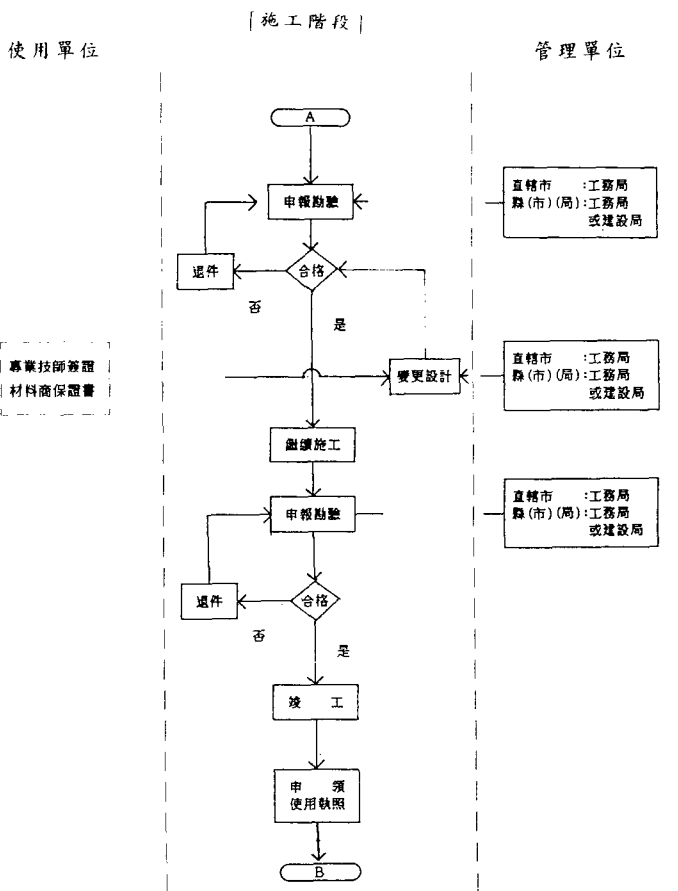


圖5-4-A 辦公建築室內空氣品質管理系統建議流程
— 設計階段



表示既有管理執行機關

表示建議納入管理項目

圖 5-4 B 辦公建築室內空氣品質管理系統建議流程 (續)

— 施工階段

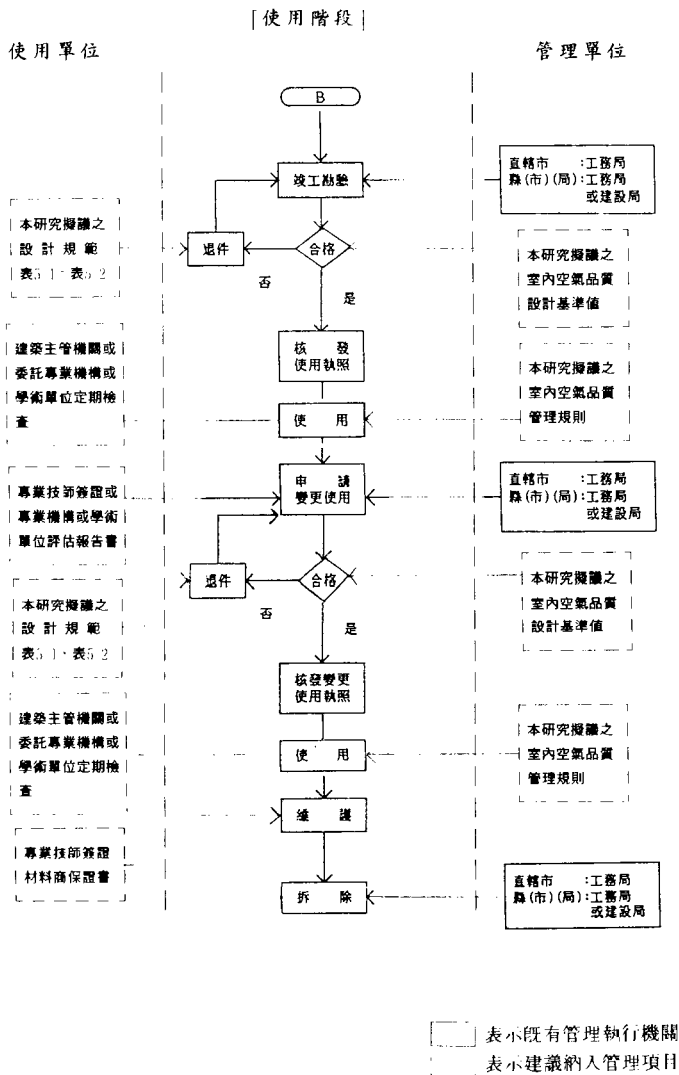


圖5-4 C 辦公建築室內空氣品質管理系統建議流程(續)
— 使用階段

5 - 4 後續研究課題之建議

本研究在本年度進行了辦公建築室內空氣品質方面的文獻整理與概述；辦公建築室內空氣品質量測方法比較檢討；各國有關辦公建築室內空氣品質管理法令與管理基準之比較整理探討；國內辦公建築室內空氣品質現場測定與檢討；最後並研擬提出辦公建築室內空氣品質評估系統，其中包括室內空氣品質規範與規則之擬議，以及室內空氣品質管理流程之擬議。

從一完整的室內空氣品質管理體系架構中來考量，現階段有必要進一步探討的後續研究課題如下：

- (1). 針對「老舊」辦公建築進行現場測定，從使用後評估（POE）管理的角度，建立本土性基礎資料，並初擬改善對策，作為訂定辦公建築室內空氣品質基準之參考。
- (2). 針對不同使用性質的建築物，如住宅、醫院、學校、旅館以及戲院、KTV等特定行業，進行現場測定調查，以有效確保國民的「公共安全」與「公共衛生」。
- (3). 探討室內空氣品質與設備老化之關係，提出有效的診斷系統，作為設備更新的參考指標之一，以扮演「建築醫生」的角色。

附錄一 用語定義

1. C N S (Chinese National Standards):
中國國家標準，由經濟部中央標準局訂定之國家工業標準。
2. J I S (Japanese Industrial Standards):
日本工業規格，為日本國家工業標準。
3. E P A (Environmental Protection Agency)
美國環境保護局，相當於我國行政院環境保護署。
4. A S H R A E (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) :
美國冷凍空調學會
5. A C G I H (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) :
美國勞動衛生專門家會議。
6. N I O S H (National Institute of Occupational Safety and Health)
美國國立勞動安全衛生研究所。
7. W H O 世界衛生組織。
8. W H O E U R O P E
W H O Regional Office for Europe, Air quality guidelines for Europe 。
9. T W A (Time Weighted Average):
時間荷重平均。
10. S T E L (Short-Term Exposure Limit):
短時間曝露限界值。
11. P E L (Permanent Exposure Level):
長期間曝露。
12. p p m (Parts per million):
表示百萬分內幾分之分量。
13. p p h m (Parts per hundred million):
表示一億分內幾分之分量。
14. p p b (Parts per billion):
表示十億分內幾分之分量。

15. 空氣污染物 (Air pollutants):
指空氣中足以直接或間接妨害國民健康或生活環境之物質。
包括氣狀污染物、粒狀污染物及惡臭物質。
16. 污染源:
指排放空氣污染物之物理或化學操作單元。
17. 室內空氣品質基準:
指室內空氣中污染物濃度之限值。
18. 總懸浮微粒 (T S P) Total suspended particulates :
以高流量採樣器測定的粒狀物質 (包括10微米以上浮游粒子)，單位以 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ 表示之。
19. 懸浮微粒 (P M10) suspended particulates :
以採樣口有粒徑選別之高流量或低流量採樣器測定之粒狀物質，粒徑在10微米以下之粒子，又稱浮游粉塵，單位以 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ 表示之。
20. 落塵 (Dustfall):
粒徑在10微米以上，能因重力作用逐漸落下而引起公眾厭惡之物質，通常是由於體積較大的物質受物理粉碎而形成。
單位以 $\text{ton} / \text{Km}^2 / \text{month}$ 表示之。
21. 光化學霧 (Photochemical smog):
經光化學反應所產生之微粒狀物質而懸浮於空中能造成視程障礙者。
22. 光化學性高氧化物 (Photochemical peroxidized compounds)
經光化學反應所產生之強氧化物質，如臭氧等。
23. 逆溫層 (Inversion layer):
在探空曲線內，溫度隨著高度增加之層。
24. 逆溫層底高度 (The height of inversion base):
指地面至逆溫層底之距離；當高度愈低時，表示逆溫層距地面愈近，對流至該處難以穿過，致使污染物向上擴散不易。
25. 逆溫層強度 (Inversion strength):
逆溫層內，每單位高度中溫度上升的多寡；基本上，強度愈強，對流愈不易穿過，污染物向上擴散愈不易。

附錄二 臺灣地區環境空氣品質參考資料

(一) 中華民國台灣地區環境空氣品質標準

中華民國64年10月1日衛署環字第79818號公告

中華民國79年3月12日(79)環署空字第7457號公告修正

一、本標準所訂各項空氣污染物平均值為室外空氣中濃度之限值。

二、懸浮微粒

(一)總懸浮微粒(TSP):(單位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(1) 24小時值 : 250

(2) 年幾何平均值: 130

(二)粒徑小於 $10\mu\text{m}$ 之懸浮微粒(PM₁₀):(單位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(1) 日平均值 : 125

(2) 年算術平均值: 65

三、二氧化硫(SO₂):(單位 p.p.m)

(1) 小時平均值: 0.25

(2) 日平均值 : 0.1

(3) 年平均值 : 0.03

四、二氧化氮(NO₂):(單位 p.p.m)

(1) 小時平均值: 0.25

(2) 年平均值 : 0.05

五、一氧化碳(CO):(單位 p.p.m)

(1) 小時平均值 : 35

(2) 8 小時平均值 : 9

六、臭氧(O₃):(單位 p.p.m)

(1) 小時平均值 : 0.12

(2) 8 小時平均值 : 0.06

七、鉛 :月平均值在 $1.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下

備註：

(一)本標準所用之單位說明如下：

- (1) μm :微米，即百萬分之一公尺。
- (2) m^3 :立方公尺。
- (3) μg :微克，即百萬分之一公克。
- (4) ppm :百萬分之一(本標準內 ppm 均指體積濃度)。

(二)本標準所稱之平均值說明如下：

- (1) 小時平均值：係指一小時內各測值之算術平均值。
- (2) 8 小時平均值：係指連續 8 個小時之小時平均值之算術平均值。
- (3) 日平均值：係指一日內各小時平均值之算術平均值。
- (4) 24小時值：係指連續採樣 24 小時，所得之樣本經分析後所得之值。
- (5) 月平均值：係指全月中各日平均值之算術平均值。
- (6) 年平均值：係指全年中各日平均值之算術平均值。
- (7) 年幾何平均值：係指全年中各 24 小時值之幾何平均值。

(三)本標準為研判國民生活環境空氣污染程度之依據。

(四)空氣品質之監測方法標準及其他可行之測定法，由中央主管機關另訂之。

(二) 台灣地區環境空氣品質概況

	監 測 次 數	良好($\alpha < \text{PSI} < 50$)		普通($50 < \text{PSI} < 100$)		不良($100 < \text{PSI} < 200$)		有害($\text{PSI} > 200$)	
		%	增減百分點	%	增減百分點	%	增減百分點	%	增減百分點
76年	6767	19.15	—	63.51	—	12.18	—	5.16	—
77年	6506	17.60	-1.55	67.31	3.79	11.83	-0.34	3.26	-1.89
78年	6497	17.24	-0.36	66.60	-0.71	15.07	3.23	1.09	2.16
79年	6673	18.46	1.22	65.20	-1.40	15.63	0.56	0.70	-0.39
79年較上年 增減數	176	1.22		-1.40		0.56		-0.39	

(三) PSI副指標值對照表

PSI 副指標值對照表(一)

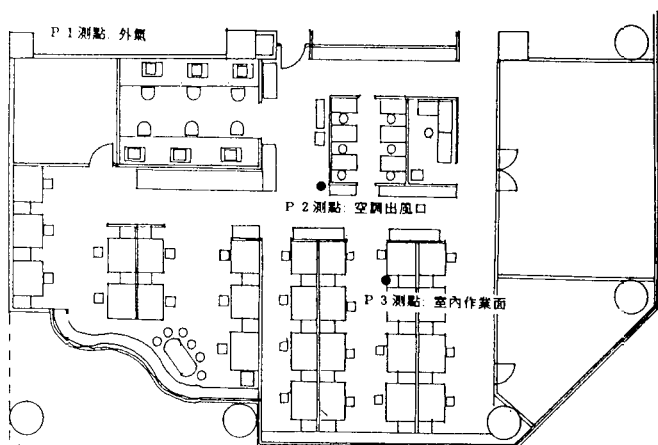
PSI value (φ)	24-hr. PM_{10} $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24-hr. SO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8-hr. CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1-hr. O_3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1-hr. NO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
50	50	80	5	120	—
100	150	365	10	235	—
200	350	800	17	400	1,130
300	420	1,600	34	800	2,260
400	500	2,100	46	1,000	3,000
500	600	2,620	57.5	1,200	3,750

在 25°C and 760mm Hg. 狀況下

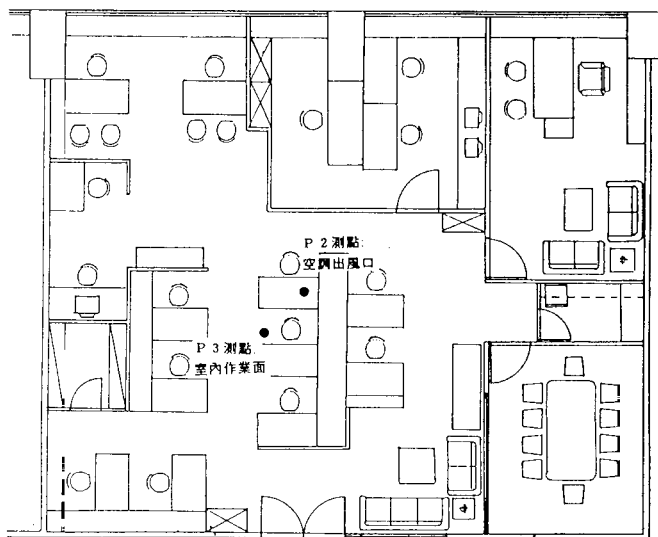
PSI 副指標值對照表(二)

PSI value(φ)	單位: ppm			
	24-hr. SO_2	8-hr. CO	1-hr. O_3	1-hr. NO_2
50	0.03	4.5	.06	—
100	0.14	9	.12	—
200	0.30	15	0.2	0.6
300	0.60	30	0.4	1.2
400	0.80	40	0.5	1.6
500	1.00	50	0.6	2.0

附錄三 測定案例測點分佈位置與基本資料

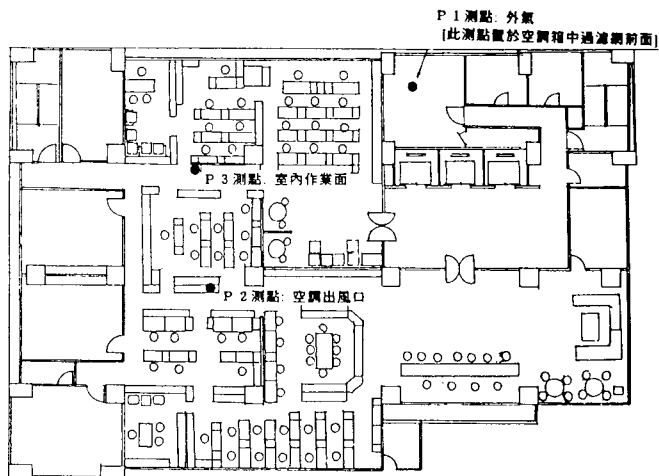


高雄A大樓室內測點平面圖

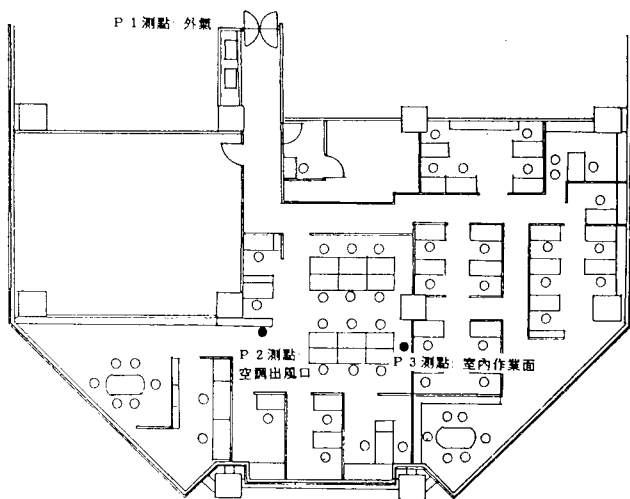


高雄B大樓室內測點平面圖

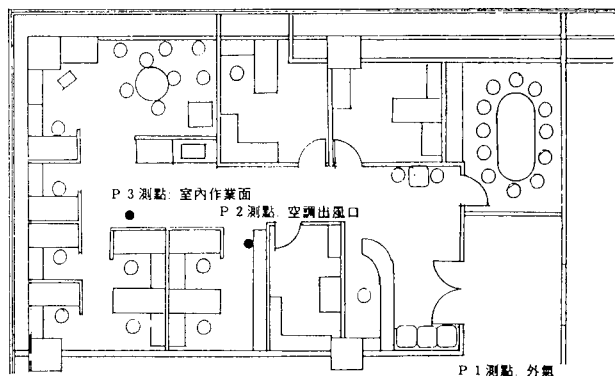
P 1 測點: 外觀



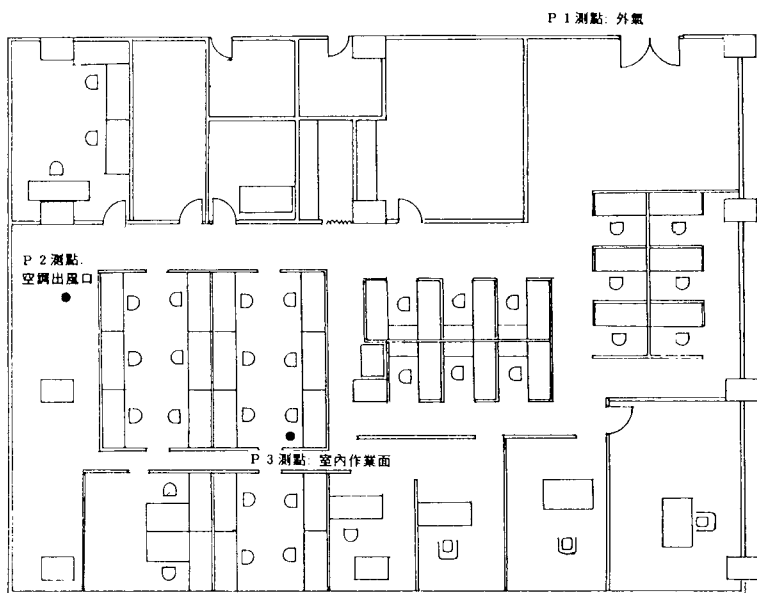
高雄 C 大樓室內測點平面圖



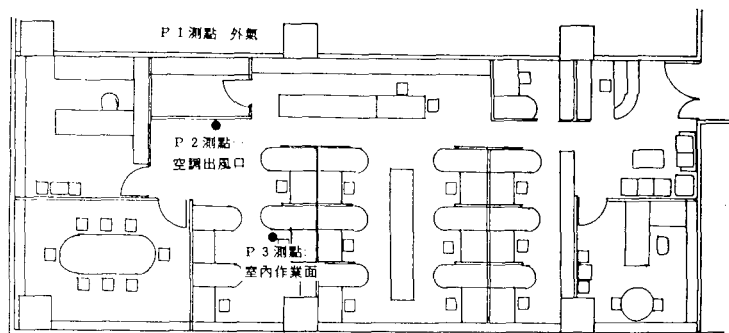
高雄 D 大樓室內測點平面圖



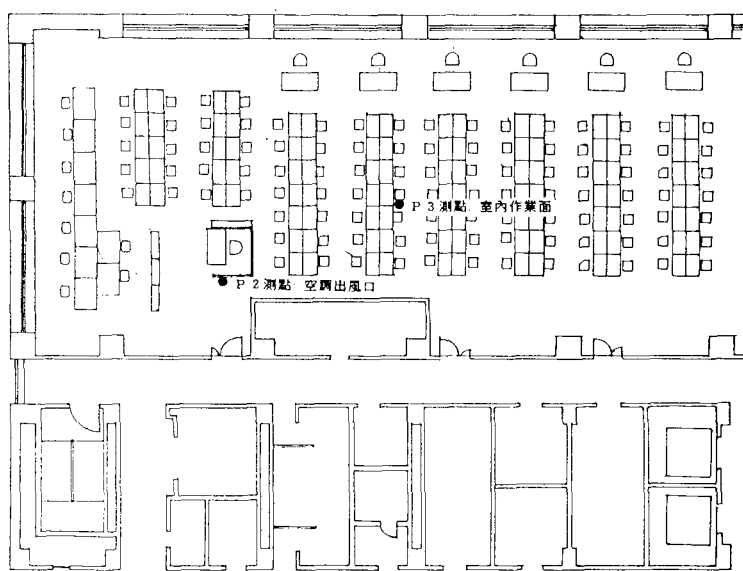
臺南A大樓室內測點平面圖



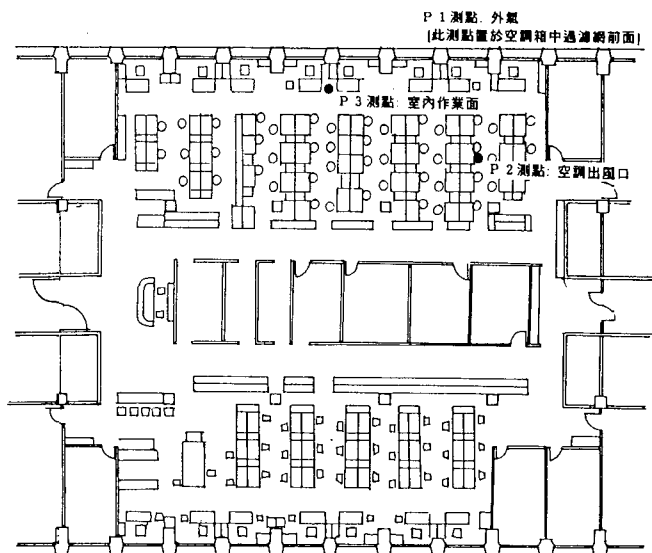
臺南B大樓室內測點平面圖



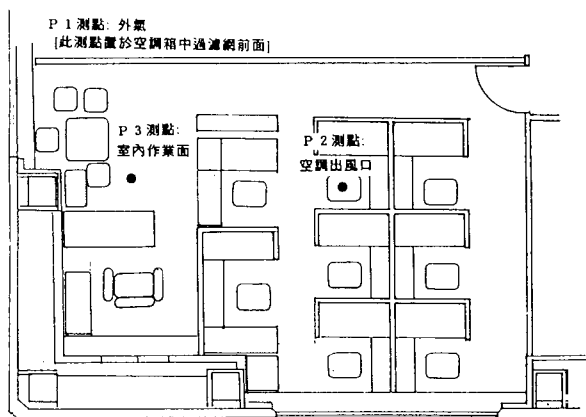
臺南 C 大樓室內測點平面圖



臺北 A 大樓室內測點平面圖

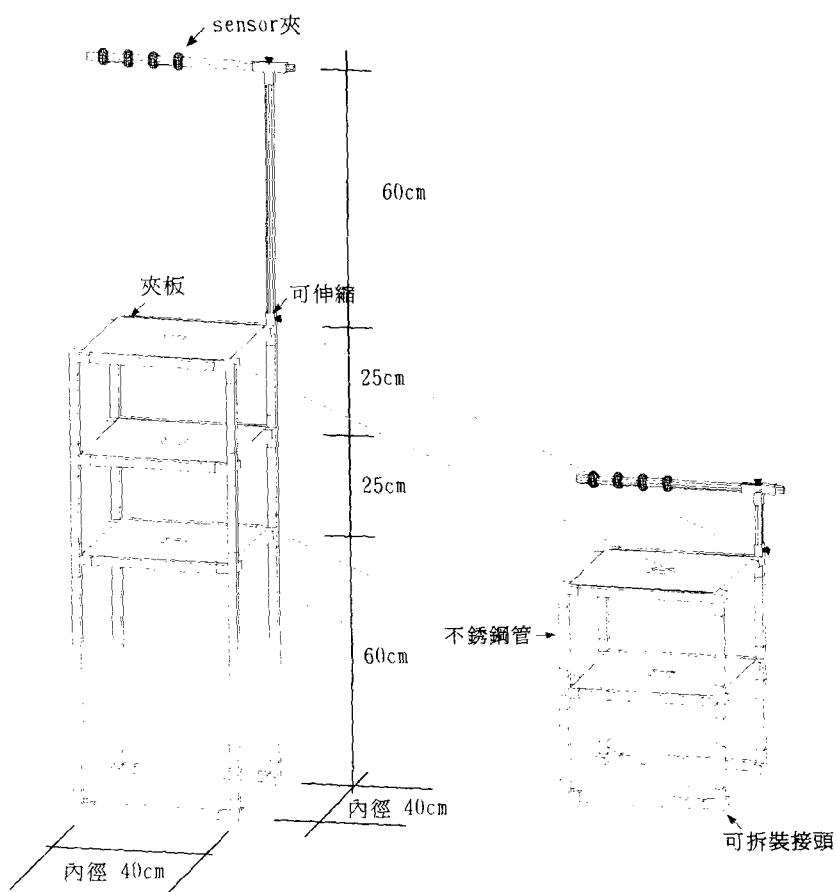


臺北 B 大樓室內測點平面圖



臺北 C 大樓室內測點平面圖

測試架組合圖



高雄 A 大樓室內空氣品質量測結果表

81.11.04 00:00 ~ 81.11.04 24:00

項目 測點	CO ₂ 濃度 [ppm] [1小時平均面]		CO 濃度 [ppm] [1小時平均面]		浮遊粉塵濃度 [mg/m ³] [1小時平均面]		溫 度 [℃] [1小時平均面]		濕 度 [%] [1小時平均面]						
	P1外氣 出風口	P2空調 P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 P3室內 作業面					
1:00	357	771	773	0.8	0.8	0.4	0.24	0.06	0.07	25	26	25	66	52	58
2:00	357	721	732	0.9	0.8	0.4	0.22	0.07	0.07	25	26	25	67	53	58
3:00	338	682	694	1.2	0.8	0.4	0.15	0.07	0.06	24	26	25	68	54	59
4:00	340	658	666	1.1	0.8	0.4	0.13	0.06	0.05	24	26	25	68	54	59
5:00	345	632	639	1.0	0.8	0.4	0.13	0.06	0.05	24	26	25	67	54	60
6:00	361	605	610	0.7	0.8	0.4	0.19	0.06	0.04	24	26	25	70	54	60
7:00	376	583	583	0.6	0.8	0.4	0.20	0.06	0.04	24	26	25	59	54	60
8:00	392	562	561	1.8	0.9	0.4	0.16	0.06	0.04	30	26	25	53	54	60
9:00	370	569	565	2.4	1.0	0.2	0.14	0.09	0.04	33	26	25	43	52	60
10:00	344	715	758	1.4	1.2	0.1	0.10	0.09	0.07	32	26	25	43	52	59
11:00	334	782	826	0.9	0.9	0.2	0.10	0.09	0.08	32	27	25	44	51	57
12:00	334	744	801	0.7	0.9	0.6	0.11	0.07	0.08	32	27	25	45	50	56
13:00	323	701	724	0.7	0.9	0.8	0.09	0.07	0.07	32	26	25	46	50	56
14:00	307	623	681	0.5	1.3	1.2	0.05	0.05	0.06	31	26	25	48	52	57
15:00	304	763	802	0.5	1.4	1.2	0.05	0.05	0.08	31	27	25	49	50	57
16:00	306	852	895	0.6	1.3	1.0	0.05	0.08	0.09	31	27	25	48	51	57
17:00	313	866	905	0.6	1.2	1.0	0.06	0.06	0.09	30	27	26	51	50	57
18:00	324	859	906	1.2	1.2	0.9	0.08	0.05	0.09	30	27	26	54	50	56
19:00	320	745	749	1.9	0.8	0.5	0.12	0.06	0.07	30	26	25	51	51	57
20:00	315	755	769	1.2	0.8	0.3	0.12	0.06	0.07	30	26	25	53	52	57
21:00	319	786	801	1.2	1.0	0.2	0.11	0.06	0.08	29	25	24	56	51	57
22:00	318	776	783	0.7	0.8	0.2	0.13	0.05	0.08	29	25	25	58	51	57
23:00	319	756	762	0.8	0.8	0.3	0.12	0.05	0.07	29	25	25	58	51	56
24:00	315	707	717	0.8	0.8	0.4	0.14	0.05	0.06	29	25	25	57	51	56

高雄 B 大樓室內空氣品質量測結果表

81.11.06 00:00 ~ 81.11.06 24:00

項目 測點 時間	CO2 濃度 [ppm] [1小時平均]			CO 濃度 [ppm] [1小時平均]			浮遊粉塵濃度 [mg/m3] [1小時平均]			溫度 [℃] [1小時平均]			濕度 [%] [1小時平均]		
	P1 外氣	P2 空調	P3 室內	P1 外氣	P2 空調	P3 室內	P1 外氣	P2 空調	P3 室內	P1 外氣	P2 空調	P3 室內	P1 外氣	P2 空調	P3 室內
1:00	387	693	615	0.2	0.0	1.5	0.18	0.26	0.10	22	27	25	85	56	60
2:00	426	684	606	1.0	0.1	1.5	0.17	0.26	0.11	23	27	25	83	57	61
3:00	458	676	598	1.6	0.3	1.3	0.16	0.26	0.13	24	27	25	79	57	62
4:00	430	673	596	1.1	0.4	1.2	0.16	0.26	0.14	23	27	25	83	58	62
5:00	425	668	590	0.6	0.5	1.1	0.17	0.26	0.16	22	27	25	84	59	62
6:00	446	659	583	0.8	0.5	1.2	0.16	0.26	0.18	23	27	25	81	59	63
7:00	435	650	574	0.8	0.3	1.3	0.18	0.26	0.20	22	27	25	85	60	63
8:00	440	641	564	1.6	0.2	1.5	0.17	0.26	0.24	23	27	26	80	60	64
9:00	441	723	649	2.8	0.5	1.1	0.16	0.26	0.26	25	26	25	72	60	62
10:00	428	886	804	2.4	1.2	0.4	0.13	0.26	0.27	25	25	24	56	57	59
11:00	431	967	879	2.5	1.5	0.2	0.11	0.26	0.26	26	25	24	63	56	58
12:00	441	955	884	2.8	1.9	0.2	0.11	0.26	0.26	26	24	23	62	58	60
13:00	380	869	802	2.8	2.0	0.2	0.11	0.26	0.22	27	24	23	61	57	59
14:00	363	903	841	1.0	1.5	0.3	0.10	0.26	0.18	27	24	23	60	56	58
15:00	357	913	851	0.9	1.0	0.6	0.10	0.26	0.14	27	25	24	58	55	57
16:00	350	902	824	0.7	0.3	1.3	0.10	0.26	0.16	26	25	24	59	55	57
17:00	344	954	906	0.8	0.3	1.3	0.11	0.26	0.23	26	25	24	67	55	57
18:00	338	1024	962	1.0	0.6	1.1	0.12	0.26	0.24	25	24	23	75	56	58
19:00	341	881	809	1.3	0.6	1.0	0.13	0.26	0.17	25	25	23	75	54	58
20:00	349	764	726	1.0	0.4	1.2	0.12	0.27	0.12	25	26	25	73	54	58
21:00	347	752	680	0.8	0.2	1.4	0.13	0.26	0.10	24	26	25	78	55	59
22:00	362	725	655	1.7	0.1	1.5	0.13	0.26	0.09	24	27	25	80	56	60
23:00	369	710	640	1.6	0.1	1.3	0.13	0.26	0.08	23	27	25	81	56	60
24:00	380	696	626	1.2	0.3	1.1	0.13	0.26	0.07	23	27	25	82	57	61

高雄 C 大樓室內空氣品質測量結果表

81.11.10 00:00 ~ 81.11.10 24:00

項目 測點 時間	CO2 濃度 [ppm] [1小時平均]			CO 濃度 [ppm] [1小時平均]			浮遊粉塵濃度 [mg/m3] [1小時平均]			溫度 [℃] [1小時平均]			濕度 [%] [1小時平均]		
	P1 外氣 出風口	P2 空調 出風口	P3 室內 作業面	P1 外氣 出風口	P2 空調 出風口	P3 室內 作業面	P1 外氣 出風口	P2 空調 出風口	P3 室內 作業面	P1 外氣 出風口	P2 空調 出風口	P3 室內 作業面	P1 外氣 出風口	P2 空調 出風口	P3 室內 作業面
1:00	380	510	468	1.1	1.5	1.7	0.06	0.05	0.06	17	25	23	59	47	52
2:00	386	507	465	1.1	1.6	1.8	0.06	0.05	0.05	17	25	23	59	47	52
3:00	390	506	464	1.1	1.7	1.9	0.06	0.05	0.05	17	25	23	59	47	51
4:00	394	507	464	1.1	1.7	1.9	0.06	0.05	0.05	17	25	23	61	46	51
5:00	391	506	463	1.0	1.8	1.9	0.06	0.05	0.05	17	25	23	61	46	51
6:00	389	504	462	0.9	1.8	1.9	0.06	0.05	0.05	16	25	23	62	46	51
7:00	391	500	459	0.9	1.8	2.0	0.05	0.05	0.05	16	25	23	63	45	50
8:00	390	498	457	1.1	1.7	1.8	0.04	0.05	0.05	18	24	22	56	46	50
9:00	422	528	488	1.8	1.1	1.3	0.05	0.06	0.05	20	21	21	50	51	52
10:00	505	657	607	2.2	0.4	0.6	0.06	0.08	0.07	21	22	21	50	50	52
11:00	508	662	610	1.9	0.7	0.9	0.06	0.08	0.07	21	23	22	50	52	53
12:00	517	668	632	1.7	1.1	1.3	0.06	0.08	0.06	22	23	22	49	50	52
13:00	497	617	586	1.6	1.1	1.3	0.06	0.07	0.06	21	21	21	48	50	51
14:00	488	647	596	1.6	1.1	1.4	0.05	0.08	0.06	22	21	21	48	50	52
15:00	477	630	593	1.6	1.1	1.4	0.05	0.08	0.06	22	22	22	48	51	52
16:00	476	608	583	1.7	1.1	1.3	0.05	0.07	0.06	22	21	22	47	50	51
17:00	475	612	570	1.7	1.0	1.3	0.06	0.08	0.06	22	21	22	48	52	53
18:00	447	672	626	1.7	0.9	1.2	0.07	0.08	0.08	21	23	22	49	52	54
19:00	427	625	570	1.8	0.7	1.0	0.08	0.07	0.11	19	24	23	52	47	51
20:00	398	569	538	1.7	0.7	1.0	0.07	0.06	0.09	19	24	22	50	47	52
21:00	414	534	503	1.7	0.9	1.1	0.06	0.06	0.07	21	24	22	48	46	50
22:00	402	503	474	1.6	1.1	1.3	0.06	0.05	0.05	20	24	22	48	44	49
23:00	396	501	472	1.4	1.1	1.3	0.06	0.05	0.05	17	25	23	53	43	49
24:00	397	499	470	1.4	1.2	1.4	0.06	0.05	0.05	17	25	23	54	43	48

高雄 D 大樓（非假日）室內空氣品質量測結果表 81.11.12 00:00 ~ 81.11.12 24:00

項目 測點 時間	CO ₂ 濃度 [PPM] [1小時平均]			CO 濃度 [PPM] [1小時平均]			浮遊粉塵濃度 [mg/m ³] [1小時平均]			溫度 [°C] [1小時平均]			濕度 [%] [1小時平均]		
	P1外氣	P2室內 出風口	P3室內 作業面	P1外氣	P2室內 出風口	P3室內 作業面	P1外氣	P2室內 出風口	P3室內 作業面	P1外氣	P2室內 出風口	P3室內 作業面	P1外氣	P2室內 出風口	P3室內 作業面
1:00	369	466	642	1.5	2.1	2.0	0.18	0.05	0.05	21	26	24	78	53	57
2:00	377	465	642	1.6	2.1	2.0	0.19	0.05	0.05	21	26	24	76	53	57
3:00	386	466	641	1.5	2.2	2.0	0.19	0.05	0.05	21	26	24	73	53	57
4:00	388	466	640	1.5	2.2	2.1	0.19	0.05	0.05	21	26	24	75	53	57
5:00	398	467	639	1.4	2.3	2.1	0.19	0.05	0.05	21	26	24	75	54	58
6:00	382	469	637	1.5	2.3	2.1	0.19	0.05	0.05	20	26	24	76	54	58
7:00	397	469	637	1.3	2.3	2.1	0.19	0.05	0.05	21	26	24	77	54	58
8:00	387	473	635	1.2	2.2	2.0	0.19	0.05	0.05	21	26	24	68	55	58
9:00	401	606	567	2.4	1.6	1.6	0.19	0.06	0.06	22	22	23	63	69	61
10:00	421	800	690	2.0	1.1	1.3	0.19	0.05	0.05	24	18	21	61	77	62
11:00	403	906	776	1.7	0.9	1.0	0.19	0.05	0.05	25	17	21	54	75	59
12:00	385	925	797	1.7	0.9	1.0	0.18	0.05	0.05	26	18	22	50	74	59
13:00	375	900	797	1.8	1.0	1.1	0.18	0.06	0.05	28	20	23	45	74	60
14:00	359	879	788	1.6	1.1	1.2	0.17	0.05	0.05	27	20	23	49	75	61
15:00	357	879	779	1.8	1.2	1.4	0.17	0.05	0.05	28	20	23	48	75	62
16:00	357	896	879	1.9	1.4	1.5	0.17	0.05	0.05	27	21	23	50	75	62
17:00	364	1110	979	2.1	1.4	1.5	0.17	0.05	0.05	26	21	24	56	75	62
18:00	358	1134	999	2.5	1.3	1.4	0.17	0.05	0.05	25	23	24	67	70	64
19:00	349	992	899	2.5	1.3	1.3	0.17	0.05	0.05	24	26	25	74	61	63
20:00	360	854	717	2.1	1.3	1.2	0.18	0.04	0.05	23	26	25	74	60	62
21:00	370	711	595	2.3	1.2	1.1	0.18	0.04	0.04	23	26	25	76	60	62
22:00	377	618	510	2.2	1.1	1.0	0.18	0.05	0.05	23	26	25	78	60	63
23:00	387	571	467	1.9	0.9	0.8	0.18	0.05	0.05	22	26	25	77	61	63
24:00	375	544	440	1.9	0.9	0.7	0.18	0.06	0.06	23	26	25	75	62	64

高雄 D 大樓 (假日) 室內空氣品質量測結果表 81.11.13 00:00 ~ 81.11.13 24:00

項目 測點 時間	CO ₂ 濃度 [ppm] [1小時平均]		CO 濃度 [ppm] [1小時平均]		浮遊粉塵濃度 [mg/m ³] [1小時平均]		溫 度 [℃] [1小時平均]		濕 度 [%] [1小時平均]						
	P1外氣 出風口	P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 出風口	P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 出風口	P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 出風口	P3室內 作業面				
1:00	394	511	598	1.2	1.0	0.6	0.19	0.05	0.05	19	25	23	70	54	56
2:00	391	502	609	1.4	1.3	1.2	0.19	-0.05	0.05	19	25	23	71	54	56
3:00	390	494	616	2.0	1.8	1.7	0.19	0.06	0.05	19	25	23	68	54	56
4:00	387	487	622	2.1	2.1	2.0	0.19	0.06	0.06	19	24	23	68	53	56
5:00	394	484	625	2.0	2.2	2.1	0.20	0.05	0.05	13	24	23	69	54	56
6:00	391	481	626	2.1	2.2	2.1	0.19	0.05	0.05	18	24	23	68	53	56
7:00	394	482	624	2.1	2.2	2.1	0.20	0.06	0.06	19	24	23	67	54	56
8:00	388	482	624	1.9	2.1	2.0	0.19	0.05	0.05	20	25	23	62	52	56
9:00	412	481	627	1.2	2.0	1.9	0.20	0.04	0.05	23	26	23	51	49	56
10:00	391	489	619	1.1	2.0	1.8	0.18	0.04	0.04	30	27	24	32	48	56
11:00	386	507	598	1.5	2.1	1.9	0.18	0.04	0.04	33	27	24	27	49	55
12:00	368	490	617	1.5	2.2	2.0	0.17	0.03	0.03	28	27	24	39	50	55
13:00	360	487	617	1.5	2.3	2.1	0.17	0.03	0.03	30	27	25	35	50	55
14:00	355	489	617	1.4	2.4	2.2	0.17	0.03	0.03	28	27	25	39	50	55
15:00	355	489	618	1.3	2.6	2.3	0.17	0.03	0.03	27	27	25	40	50	55
16:00	343	487	618	1.1	2.5	2.4	0.17	0.03	0.03	25	26	24	45	51	55
17:00	339	490	619	1.1	2.6	2.4	0.17	0.03	0.03	24	26	25	52	51	55
18:00	344	490	620	1.2	2.5	2.3	0.18	0.03	0.03	24	26	25	51	51	55
19:00	351	492	617	1.4	2.4	2.2	0.18	0.05	0.05	23	27	25	57	50	55
20:00	350	484	626	1.1	2.2	2.0	0.18	0.06	0.06	22	27	25	61	51	55
21:00	358	471	640	1.1	2.1	1.9	0.18	0.06	0.06	22	26	25	67	51	55
22:00	375	487	643	1.0	2.1	1.9	0.19	0.06	0.06	24	26	24	70	51	55
23:00	358	466	643	1.3	2.1	1.9	0.18	0.06	0.06	21	26	24	77	52	56
24:00	366	466	642	1.4	2.1	1.9	0.18	0.05	0.05	21	26	24	79	52	56

台南 A 大樓（關閉外氣引入風管）室內空氣品質測結果表 81.09.29 12:00 ~ 81.09.30 12:00

項目 測點 時間	CO2 濃度 [PPM] [1小時平均]		CO 濃度 [PPM] [1小時平均]		浮遊粉塵濃度 mg/m3 [1小時平均]		溫度 [℃] [1小時平均]		濕度 [%] [1小時平均]						
	P1外氣 出風口	P2空調 室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 室內 作業面					
11:00	385	1084	1086	0.9	0.6	2.1	0.21	0.09	0.15	31	21	24	58	65	53
14:00	364	1074	1077	0.9	0.8	1.9	0.19	0.09	0.15	31	21	25	57	65	53
15:00	343	1044	1034	1.1	0.9	1.7	0.17	0.09	0.14	31	23	26	60	65	53
16:00	326	1016	1003	1.4	1.1	1.3	0.13	0.10	0.14	30	24	27	64	65	53
17:00	317	1026	1026	1.5	1.4	0.9	0.12	0.09	0.09	28	24	27	70	66	53
18:00	316	1052	1041	1.3	1.6	0.8	0.12	0.10	0.09	27	23	26	72	67	54
19:00	318	915	895	1.4	1.6	0.8	0.13	0.09	0.12	26	22	25	77	69	57
20:00	319	800	781	1.5	1.6	0.8	0.16	0.09	0.10	26	21	23	80	71	61
21:00	323	732	718	1.7	1.5	1.0	0.16	0.09	0.09	25	21	23	82	73	63
22:00	327	687	676	1.8	1.4	1.1	0.14	0.09	0.08	25	20	22	85	74	64
23:00	335	649	642	1.6	1.4	1.1	0.17	0.08	0.06	24	20	22	87	74	65
24:00	350	626	623	1.3	1.3	1.1	0.25	0.08	0.06	24	19	21	87	74	64
1:00	387	601	598	0.8	1.3	1.1	0.24	0.07	0.06	24	23	23	85	67	67
2:00	414	565	547	0.7	1.6	0.8	0.22	0.08	0.05	24	25	25	81	63	63
3:00	390	533	511	0.8	1.9	0.5	0.33	0.09	0.05	24	26	25	85	64	64
4:00	367	524	501	0.9	2.0	0.6	0.48	0.09	0.05	24	26	25	89	64	63
5:00	356	528	507	0.9	2.0	0.5	0.42	0.08	0.05	24	26	26	88	63	62
6:00	366	530	510	1.0	1.9	0.6	0.34	0.07	0.05	24	26	26	87	62	62
7:00	381	534	521	0.9	1.8	0.7	0.40	0.07	0.05	25	26	26	86	62	61
8:00	409	534	521	0.8	1.6	0.9	0.39	0.07	0.05	26	27	26	81	62	61
9:00	376	623	623	1.1	1.2	1.2	0.37	0.07	0.06	29	20	24	72	66	54
10:00	344	763	765	0.7	0.8	1.6	0.28	0.07	0.09	30	18	23	63	64	50
11:00	322	764	773	0.9	0.8	1.7	0.22	0.07	0.09	30	19	23	60	64	50
12:00	306	822	834	1.0	0.9	1.5	0.13	0.08	0.10	31	20	24	59	65	52

台南 A 大樓（啟動外氣引入風管）室內空氣品質量測結果表 81.10.19 12:00 ~ 81.10.20 12:00

項目 測點 時間	CO ₂ 濃度 [ppm] [1小時平均値]			CO 濃度 [ppm] [1小時平均値]			浮遊粉塵濃度 mg/m ³ [1小時平均値]			溫度 [℃] [1小時平均値]			濕度 [%] [1小時平均値]		
	P1外氣 出風口	P2空調 出風口	P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 出風口	P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 出風口	P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 出風口	P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 出風口	P3室內 作業面
13:00	390	937	898	2.7	0.7	1.3	0.25	0.09	0.08	28	24	25	54	70	64
14:00	364	1012	954	2.8	0.6	1.5	0.25	0.09	0.08	28	25	25	54	69	65
15:00	337	1063	997	2.7	0.6	1.7	0.24	0.09	0.08	27	25	26	54	68	63
16:00	316	1083	1016	2.4	0.5	1.8	0.23	0.08	0.07	27	26	26	56	68	64
17:00	315	1050	986	2.4	0.6	2.1	0.23	0.07	0.06	26	25	26	60	69	65
18:00	312	1010	901	2.3	0.8	2.3	0.23	0.07	0.07	24	25	25	65	71	66
19:00	315	901	842	2.2	0.8	2.4	0.22	0.08	0.07	23	24	25	68	73	67
20:00	320	785	735	2.0	0.8	2.4	0.22	0.08	0.07	22	23	24	71	74	69
21:00	328	666	624	1.9	0.8	2.3	0.19	0.08	0.07	22	22	22	72	76	72
22:00	330	606	573	1.9	0.7	2.2	0.19	0.07	0.06	21	21	22	72	78	73
23:00	339	567	540	2.0	0.7	2.2	0.19	0.07	0.06	20	20	21	75	79	74
24:00	340	543	518	1.9	0.6	2.0	0.19	0.06	0.05	20	21	21	77	75	73
1:00	341	537	513	1.7	0.6	2.0	0.19	0.06	0.05	19	24	23	78	67	68
2:00	347	532	505	1.7	0.6	2.0	0.19	0.05	0.05	19	24	23	80	66	68
3:00	353	526	496	1.7	0.6	2.0	0.19	0.05	0.04	19	25	24	82	65	67
4:00	359	519	489	1.8	0.6	2.0	0.19	0.05	0.04	19	25	24	83	65	67
5:00	370	513	483	1.9	0.6	2.0	0.20	0.04	0.03	18	25	23	85	65	67
6:00	372	508	477	1.8	0.6	2.0	0.19	0.04	0.03	18	25	24	88	65	66
7:00	378	500	469	1.9	0.6	2.0	0.19	0.04	0.04	18	25	23	88	64	66
8:00	384	500	469	2.4	0.6	2.1	0.20	0.05	0.04	20	25	24	81	64	66
9:00	376	532	503	2.3	0.6	2.0	0.20	0.05	0.04	22	21	22	75	72	65
10:00	364	592	566	2.4	0.5	1.9	0.20	0.07	0.06	24	19	22	68	73	62
11:00	353	657	624	2.5	0.5	1.9	0.25	0.07	0.06	26	20	23	63	71	60
12:00	341	731	696	2.5	0.5	1.9	0.25	0.08	0.07	27	21	25	58	69	56

81.12.09 00:00 ~ 81.12.09 24:00

台南 B 大樓室內空氣品質質量測結果表

項目 測 點 時間	CO2 濃度 [ppm] [1小時平均値]		CO 濃度 [ppm] [1小時平均値]		浮遊粉塵濃度 [mg/m3] [1小時平均値]		溫 度 [℃] [1小時平均値]		濕 度 [%] [1小時平均値]						
	室外氣 P1 出風口	室内 P2 空調 作業面	室外氣 P1 出風口	室内 P2 空調 作業面	室外氣 P1 出風口	室内 P2 空調 作業面	室外氣 P1 出風口	室内 P2 空調 作業面	室外氣 P1 出風口	室内 P2 空調 作業面					
1:00	369	430	401	2.0	1.8	3.3	0.19	0.17	0.09	22	24	23	83	73	64
2:00	373	485	387	2.0	1.6	3.4	0.11	0.17	0.10	21	24	23	78	72	65
3:00	362	474	378	1.9	2.0	3.6	0.16	0.15	0.09	21	24	23	79	74	65
4:00	365	472	373	1.9	2.2	3.9	0.17	0.16	0.08	20	23	23	86	76	65
5:00	374	471	372	1.9	2.2	4.1	0.12	0.16	0.08	19	24	23	88	75	66
6:00	388	476	374	1.9	2.1	4.1	0.20	0.16	0.08	20	23	23	85	76	66
7:00	378	473	373	1.9	2.0	4.2	0.11	0.16	0.08	21	24	23	82	75	66
8:00	373	469	371	2.0	1.7	4.1	0.09	0.16	0.07	21	24	23	73	74	66
9:00	371	537	521	2.0	1.9	4.0	0.19	0.18	0.09	22	22	22	68	69	59
10:00	407	638	725	2.0	1.9	4.0	0.16	0.21	0.12	24	22	22	66	64	54
11:00	418	670	765	1.9	1.9	4.0	0.21	0.23	0.11	25	22	22	59	63	52
12:00	429	703	759	1.9	2.0	4.1	0.21	0.22	0.12	26	23	22	55	59	52
13:00	445	677	753	2.0	0.8	2.7	0.22	0.21	0.17	28	23	23	50	61	53
14:00	440	628	627	2.0	1.0	3.5	0.18	0.20	0.16	27	23	23	54	61	54
15:00	489	669	610	1.9	1.7	4.1	0.18	0.22	0.16	25	25	24	62	53	52
16:00	505	660	649	2.0	1.6	4.1	0.11	0.22	0.11	24	25	24	63	50	50
17:00	463	635	597	2.0	1.7	4.4	0.05	0.21	0.08	24	24	24	62	52	49
18:00	461	679	638	2.0	1.0	4.9	0.07	0.21	0.09	23	23	23	63	50	50
19:00	412	607	608	2.0	0.2	4.5	0.04	0.20	0.07	22	22	22	65	54	51
20:00	370	528	492	2.0	1.1	4.4	0.06	0.17	0.06	22	21	21	70	57	50
21:00	367	512	448	1.9	1.5	4.6	0.09	0.17	0.06	22	21	21	71	55	51
22:00	352	473	438	1.9	1.8	4.1	0.21	0.16	0.07	20	21	21	80	63	52
23:00	361	479	437	1.8	1.8	4.6	0.38	0.16	0.11	20	21	21	84	68	54
24:00	358	479	437	1.8	1.6	4.5	0.44	0.16	0.13	20	22	22	82	72	57

台南 C 大樓室內空氣品質量測結果表

81.12.11 00:00 ~ 81.12.11 24:00

項目 測 點 時間	CO2 濃度 [PPM] [1小時平均値]			CO 濃度 [PPM] [1小時平均値]			浮遊粉塵濃度 mg/m ³ [1小時平均値]			溫度 [℃] [1小時平均値]			濕 度 [%] [1小時平均値]		
	戶外氣	P2空調	作業面	戶外氣	P2空調	作業面	戶外氣	P2空調	作業面	戶外氣	P2空調	作業面	戶外氣	P2空調	作業面
1:00	434	502	406	2.0	0.9	2.9	0.14	0.17	0.10	23	27	26	64	49	53
2:00	455	498	455	2.0	1.8	3.0	0.13	0.17	0.10	23	27	26	63	48	51
3:00	418	479	456	1.9	2.1	3.0	0.13	0.16	0.08	23	27	27	63	47	51
4:00	415	520	414	1.9	2.2	2.9	0.13	0.17	0.07	23	27	26	62	46	52
5:00	415	505	401	1.9	2.2	3.0	0.13	0.17	0.07	23	27	26	62	48	53
6:00	419	494	380	1.9	2.2	3.1	0.11	0.17	0.06	23	26	26	61	48	53
7:00	430	484	381	1.9	2.2	3.1	0.10	0.16	0.06	23	26	26	59	48	53
8:00	450	477	372	2.0	2.2	3.0	0.11	0.16	0.05	23	26	26	57	48	53
9:00	450	480	382	2.0	2.1	3.0	0.13	0.16	0.05	23	25	26	56	53	53
10:00	443	634	558	2.0	1.7	3.0	0.15	0.20	0.07	23	22	24	55	62	55
11:00	450	762	669	1.9	1.4	3.0	0.17	0.23	0.07	24	25	25	56	48	52
12:00	467	830	738	1.9	1.3	2.9	0.19	0.24	0.08	24	25	25	57	45	51
13:00	458	870	689	2.0	1.0	2.4	0.22	0.25	0.10	24	26	26	58	40	49
14:00	426	681	512	2.0	1.8	2.5	0.17	0.21	0.13	24	28	27	58	34	46
15:00	431	547	455	1.9	2.6	2.6	0.14	0.18	0.11	24	24	25	57	50	49
16:00	424	594	513	2.0	2.4	2.7	0.11	0.19	0.08	24	22	24	56	57	52
17:00	435	695	634	2.0	2.1	2.6	0.10	0.21	0.07	24	22	24	56	58	53
18:00	429	598	542	2.0	1.9	2.4	0.10	0.21	0.07	24	22	23	55	59	54
19:00	433	716	636	2.0	1.8	2.3	0.12	0.21	0.06	23	22	24	55	56	53
20:00	442	670	585	2.0	1.6	2.4	0.13	0.20	0.06	23	22	23	55	60	54
21:00	441	560	478	1.9	1.7	2.5	0.14	0.18	0.14	23	22	24	56	58	53
22:00	440	618	542	1.9	0.9	2.7	0.14	0.19	0.13	23	22	23	56	58	54
23:00	426	567	479	1.8	0.4	2.7	0.13	0.18	0.11	23	25	25	55	42	49
24:00	412	482	385	1.8	0.5	2.7	0.13	0.16	0.12	23	26	25	55	36	47

台北A大樓室內空氣品質量測結果表 82.02.10 00:00 ~ 82.02.10 24:00

項目 測點 時間	CO2 濃度 [ppm] [1小時平均]		CO 濃度 [ppm] [1小時平均]		浮遊粉塵濃度 [mg/m³] [1小時平均]		溫度 [°C] [1小時平均]		濕度 [%] [1小時平均]	
	P1 空調 出風口	P2 室內 作業面	P1 空調 出風口	P2 室內 作業面	P1 空調 出風口	P2 室內 作業面	P1 空調 出風口	P2 室內 作業面	P1 空調 出風口	P2 室內 作業面
1:00	408	485	503	1.1	1.3	1.2	21	21	54	57
2:00	404	480	499	1.1	1.3	1.3	21	21	55	57
3:00	400	474	495	1.1	1.3	1.3	21	21	55	57
4:00	398	475	492	1.1	1.3	1.3	21	21	55	58
5:00	395	469	489	1.1	1.3	1.3	21	21	55	58
6:00	393	468	488	1.1	1.3	1.4	20	21	56	58
7:00	379	461	483	1.1	1.3	1.4	18	20	71	58
8:00	365	466	485	1.1	1.3	1.4	18	20	73	58
9:00	419	527	538	1.1	1.3	1.4	18	21	65	57
10:00	459	576	587	1.1	1.3	1.4	18	21	60	55
11:00	471	594	608	1.1	1.3	1.3	19	22	57	54
12:00	474	591	609	1.1	1.4	1.3	20	22	53	53
13:00	423	524	570	1.1	1.4	1.3	19	21	55	53
14:00	484	610	622	1.1	1.4	1.3	20	22	51	52
15:00	490	626	633	1.1	1.4	1.3	20	22	49	51
16:00	472	596	602	1.1	1.4	1.3	20	22	51	50
17:00	497	607	627	1.1	1.4	1.3	20	22	51	50
18:00	426	515	543	1.1	1.4	1.3	20	22	55	52
19:00	431	506	528	1.1	1.4	1.3	20	22	54	53
20:00	426	495	520	1.1	1.4	1.2	22	22	44	54
21:00	410	478	496	1.1	1.4	1.3	21	21	51	56
22:00	401	467	490	1.1	1.4	1.3	21	21	53	56
23:00	399	470	491	1.1	1.4	1.3	21	21	55	56
24:00	397	467	490	1.1	1.4	1.3	20	21	56	56

台北 B 大樓室內空氣品質量測結果表 82.02.12 00:00 ~ 82.02.12 24:00

項目 測點 時間	CO ₂ 濃度 [ppm] [1小時平均値]		CO 濃度 [ppm] [1小時平均値]		浮遊粉塵濃度 [mg/m ³] [1小時平均値]		溫 度 [℃] [1小時平均値]		濕 度 [%] [1小時平均値]					
	P1外氣 出風口	P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 作業面	P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 作業面	P3室內 作業面				
1:00	493	417	472	1.6	0.6	0.9	0.8	0.07	0.06	23	22	50	53	45
2:00	488	405	457	2.0	0.5	1.0	0.8	0.08	0.06	23	22	49	53	43
3:00	488	390	445	2.4	0.6	1.0	0.8	0.08	0.06	23	22	48	52	42
4:00	498	380	436	2.7	0.5	1.0	0.8	0.08	0.06	23	22	48	52	41
5:00	492	375	428	2.9	0.6	1.1	0.8	0.08	0.07	23	21	47	51	40
6:00	499	367	422	3.0	0.6	1.1	0.9	0.08	0.07	23	21	46	51	39
7:00	487	353	415	3.1	0.6	1.1	0.9	0.08	0.07	22	21	45	51	38
8:00	489	357	411	3.2	0.6	1.1	0.8	0.09	0.07	22	21	44	49	34
9:00	406	431	475	2.9	0.5	1.1	0.7	0.06	0.05	22	20	44	52	41
10:00	380	666	685	2.8	0.6	1.0	0.7	0.06	0.05	23	21	44	52	40
11:00	371	769	775	2.6	0.6	1.0	0.05	0.06	0.05	24	22	44	51	38
12:00	370	812	824	2.5	0.6	1.1	0.7	0.06	0.05	24	22	44	51	37
13:00	364	765	794	2.6	0.6	1.1	0.7	0.06	0.05	24	22	44	51	36
14:00	348	723	747	2.9	0.6	1.2	0.06	0.06	0.04	24	22	44	50	34
15:00	352	716	746	2.8	0.6	1.2	0.06	0.06	0.04	24	22	43	51	37
16:00	347	756	772	2.7	0.6	1.2	0.7	0.06	0.05	24	22	44	52	41
17:00	342	744	768	2.7	0.6	1.2	0.06	0.06	0.04	24	21	44	53	43
18:00	339	731	760	1.8	0.6	1.1	0.7	0.07	0.05	24	21	44	52	44
19:00	374	666	685	1.2	0.6	1.2	0.7	0.08	0.06	21	23	49	47	36
20:00	351	556	569	2.1	0.6	1.1	0.06	0.08	0.07	18	22	58	49	34
21:00	335	473	510	2.7	0.6	1.2	0.06	0.08	0.06	17	22	59	49	34
22:00	287	428	473	2.9	0.6	1.2	0.06	0.08	0.06	17	22	63	49	33
23:00	343	399	449	2.9	0.5	1.2	0.05	0.08	0.05	20	22	53	48	33
24:00	389	381	433	2.8	0.6	1.2	0.07	0.08	0.07	22	22	46	48	33

台北C大樓室內空氣品質量測結果表

82.02.16 00:00 ~ 82.02.16 24:00

項目 測點 時間	CO2 濃度 [PPM] [1小時平均值]			CO 濃度 [PPM] [1小時平均值]			浮遊粉塵濃度 mg/m ³ [1小時平均值]			溫度 [℃] [1小時平均值]			濕度 [%] [1小時平均值]		
	P1外氣 出風口	P2空調 出風口	P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 出風口	P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 出風口	P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 出風口	P3室內 作業面	P1外氣 出風口	P2空調 出風口	P3室內 作業面
1:00	594	673	667	2.7	0.7	0.6	0.04	0.05	0.05	23	24	23	57	54	58
2:00	571	648	643	1.7	0.7	0.5	0.04	0.05	0.05	23	24	23	68	55	58
3:00	554	627	621	1.0	0.9	0.6	0.04	0.05	0.05	23	24	23	68	55	59
4:00	540	609	599	0.4	0.9	0.6	0.04	0.05	0.05	23	24	23	67	56	59
5:00	527	593	581	0.2	1.0	0.6	0.04	0.05	0.05	23	24	23	67	56	59
6:00	515	580	566	0.7	1.0	0.6	0.04	0.05	0.05	23	24	23	68	57	60
7:00	507	568	553	1.4	1.0	0.6	0.11	0.05	0.05	22	23	23	71	59	61
8:00	521	564	554	1.8	0.9	0.6	0.08	0.05	0.05	23	21	21	62	63	61
9:00	552	589	589	1.8	0.8	0.6	0.05	0.04	0.05	22	20	20	59	61	58
10:00	636	670	685	1.8	0.7	0.6	0.04	0.04	0.04	22	20	20	57	58	57
11:00	713	756	786	1.4	0.7	0.5	0.04	0.04	0.05	22	20	20	57	58	57
12:00	749	794	820	1.3	0.6	0.6	0.05	0.04	0.05	22	20	20	57	57	57
13:00	751	759	785	1.2	0.6	0.6	0.05	0.04	0.05	22	19	20	57	60	58
14:00	745	759	793	1.0	0.6	0.6	0.05	0.04	0.05	22	19	19	57	62	60
15:00	729	782	814	1.4	0.6	0.6	0.05	0.04	0.05	22	19	20	55	60	58
16:00	661	714	738	2.3	0.6	0.6	0.05	0.04	0.05	22	19	20	58	61	58
17:00	629	664	688	2.7	0.6	0.6	0.05	0.04	0.05	22	19	20	58	63	59
18:00	647	679	704	2.6	0.6	0.6	0.05	0.04	0.04	22	19	20	57	61	59
19:00	581	627	650	2.3	0.6	0.6	0.05	0.04	0.04	21	20	20	62	64	62
20:00	588	638	657	1.2	0.7	0.6	0.05	0.04	0.05	21	22	21	62	56	59
21:00	589	675	693	0.2	0.8	0.6	0.05	0.05	0.05	22	22	22	64	55	58
22:00	596	681	695	0.4	0.8	0.6	0.05	0.05	0.06	21	22	22	69	55	58
23:00	564	657	666	0.6	0.9	0.6	0.05	0.06	0.06	21	22	22	70	55	59
24:00	535	621	624	1.4	0.9	0.6	0.05	0.06	0.07	21	22	22	68	56	59

各大樓C O 2濃度量測結果表

	高雄A大樓			高雄B大樓			高雄C大樓			高雄D大樓			台南A大樓		
	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段
最小值	304	569	565	338	723	649	422	528	488	357	606	567	306	623	623
最大值	370	866	906	441	1024	962	517	672	632	421	1134	999	385	1084	1086
平均值	326	747	786	387	913	840	481	630	589	378	913	805	340	927	926
標準偏差	19	94	103	41	77	79	28	41	38	22	143	121	26	158	155
	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日
最小值	304	562	561	338	641	564	380	498	457	349	465	440	306	524	501
最大值	392	866	906	458	1024	962	517	672	632	421	1134	999	414	1084	1086
平均值	335	717	738	394	793	719	432	565	526	378	715	697	352	751	742
標準偏差	23	87	97	41	123	124	47	66	64	17	228	140	31	201	205
	台南B大樓			台南C大樓			台北A大樓			台北B大樓			台北C大樓		
	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段
最小值	371	537	521	424	480	382	396	510	641	431	821	834	769	806	832
最大值	505	703	765	467	870	738	387	377	475	324	372	418	540	575	570
平均值	443	650	664	441	678	579	390	465	582	365	709	732	685	721	744
標準偏差	37	44	78	14	115	108	5	27	38	20	100	93	63	62	70
	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日
最小值	352	469	371	412	477	372	396	510	641	527	821	834	769	806	832
最大值	505	703	765	467	870	738	387	363	458	216	355	409	504	558	544
平均值	401	558	522	435	598	506	390	426	515	401	545	581	608	664	674
標準偏差	44	87	139	14	115	111	5	37	56	67	168	153	77	66	80

各大樓CO濃度量測結果表

	高雄A大樓			高雄B大樓			高雄C大樓			高雄D大樓			台南A大樓																	
	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段															
最小值	0.5	0.9	0.1	0.7	0.3	0.2	1.6	0.4	0.6	1.6	0.3	1.0	0.7	0.6	0.8															
最大值	2.4	1.4	1.2	2.8	2.0	1.3	2.2	1.1	1.4	2.5	1.6	1.6	1.5	1.6	2.1															
平均值	0.9	1.1	0.7	1.8	1.1	0.7	1.8	1.0	1.2	1.9	1.2	1.3	1.1	1.0	2.5															
標準偏差	0.6	0.2	0.4	0.9	0.6	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4															
	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日															
最小值	0.5	0.8	0.1	0.2	0.0	0.2	0.9	0.4	0.6	1.2	0.9	0.7	0.7	0.6	0.5															
最大值	2.4	1.4	1.2	2.8	2.0	1.5	2.2	1.8	2.0	2.5	2.3	2.1	1.8	2.0	2.1															
平均值	1.0	0.9	0.5	1.4	0.6	1.0	1.5	1.2	1.4	1.8	1.5	1.5	1.1	1.4	1.1															
標準偏差	0.5	0.2	0.3	0.7	0.6	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.3	0.4	0.4															
	台南B大樓						台南C大樓						台北A大樓						台北B大樓						台北C大樓					
	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段
最小值	1.9	0.8	2.7	1.9	1.0	2.4	0.7	1.1	1.4	3.2	0.6	1.2	2.7	0.9	0.6															
最大值	2.0	2.0	4.9	2.0	2.6	3.0	0.5	1.1	1.3	2.5	0.6	1.0	0.9	0.6	0.6															
平均值	2.0	1.6	4.0	2.0	1.8	2.7	0.6	1.1	1.4	2.7	0.6	1.1	1.7	0.6	0.6															
標準偏差	0.0	0.4	0.5	0.0	0.5	0.2	0.1	0.0	0.1	0.3	0.0	0.1	0.6	0.1	0.0															
	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日
最小值	1.8	0.2	2.7	1.8	0.4	2.3	0.7	1.1	1.5	3.3	0.6	1.3	3.1	1.1	0.6															
最大值	2.0	2.2	4.9	2.0	2.6	3.1	0.5	1.1	1.3	0.2	0.6	0.9	0.0	0.6	0.6															
平均值	1.9	1.6	4.1	1.9	1.7	2.8	0.6	1.1	1.4	2.6	0.6	1.1	1.4	0.8	0.6															
標準偏差	0.0	0.5	0.5	0.0	0.6	0.2	0.1	0.0	0.1	0.5	0.0	0.1	0.7	0.1	0.0															

各大樓浮游粉塵濃度量測結果表

	高雄A大樓			高雄B大樓			高雄C大樓			高雄D大樓			台南A大樓		
	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段
最小值	0.05	0.05	0.04	0.10	0.26	0.14	0.05	0.06	0.05	0.17	0.05	0.05	0.12	0.07	0.06
最大值	0.14	0.09	0.09	0.16	0.26	0.27	0.07	0.08	0.08	0.19	0.06	0.06	0.37	0.10	0.15
平均值	0.08	0.07	0.07	0.12	0.26	0.22	0.06	0.08	0.06	0.18	0.05	0.05	0.19	0.09	0.11
標準偏差	0.03	0.02	0.02	0.02	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.07	0.01	0.03
	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日
最小值	0.05	0.05	0.04	0.10	0.26	0.07	0.04	0.05	0.05	0.17	0.04	0.04	0.12	0.07	0.05
最大值	0.24	0.09	0.09	0.18	0.27	0.27	0.08	0.08	0.11	0.19	0.06	0.06	0.48	0.10	0.15
平均值	0.13	0.06	0.07	0.14	0.26	0.17	0.06	0.06	0.06	0.18	0.05	0.05	0.24	0.08	0.08
標準偏差	0.05	0.01	0.02	0.03	0.00	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.11	0.01	0.03
	台南B大樓			台南C大樓			台北A大樓			台北B大樓			台北C大樓		
	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段
最小值	0.05	0.18	0.08	0.10	0.16	0.05	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07	0.05	0.05
最大值	0.22	0.23	0.17	0.22	0.25	0.13	0.07	0.06	0.03	0.06	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04
平均值	0.16	0.21	0.12	0.15	0.21	0.08	0.08	0.06	0.04	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05
標準偏差	0.06	0.01	0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日
最小值	0.04	0.16	0.06	0.10	0.16	0.05	0.10	0.07	0.07	0.09	0.09	0.07	0.20	0.07	0.07
最大值	0.44	0.23	0.17	0.22	0.25	0.14	0.07	0.06	0.03	0.06	0.06	0.04	0.03	0.04	0.04
平均值	0.17	0.19	0.10	0.14	0.19	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.07	0.04	0.05	0.05	0.05
標準偏差	0.09	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02

各大樓溫度量測結果表

	高雄A大樓			高雄B大樓			高雄C大樓			高雄D大樓			台南A大樓		
	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段
最小值	30	26	25	25	24	23	20	21	21	22	17	21	27	18	23
最大值	33	27	26	27	26	25	22	23	22	28	23	24	31	24	27
平均值	31	27	25	26	25	24	21	22	22	26	20	23	30	21	25
標準偏差	0.9	0.4	0.4	0.7	0.5	0.4	0.6	0.6	0.4	1.8	1.7	1.0	1.2	2.0	1.4
	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日
最小值	24	25	24	22	24	23	16	21	21	20	17	21	24	18	21
最大值	33	27	26	27	27	26	22	25	23	28	26	25	31	27	27
平均值	29	26	25	24	26	25	19	23	22	23	23	24	27	22	24
標準偏差	3.1	0.6	0.4	1.5	1.2	0.8	2.1	1.5	0.7	2.5	3.2	1.1	2.6	2.7	1.5
	台南B大樓			台北A大樓			台北B大樓			台北C大樓					
	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段
最小值	22	22	22	23	22	23	20	20	23	24	23	23	23	20	21
最大值	28	25	24	24	28	27	19	18	20	22	20	20	22	19	19
平均值	25	23	23	24	24	25	19	19	22	24	22	22	22	19	20
標準偏差	1.8	1.0	0.7	0.3	1.9	1.0	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	0.2	0.3	0.3
	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日
最小值	19	21	21	23	22	23	20	23	23	24	24	23	24	24	24
最大值	28	25	24	24	28	27	19	18	20	17	20	20	20	19	19
平均值	22	23	23	23	25	25	19	20	21	22	22	22	22	21	21
標準偏差	2.5	1.1	0.9	0.4	2.1	1.2	0.5	1.0	0.6	2.1	0.6	0.6	0.7	1.8	1.5

各大樓濕度量測結果表

	高雄A大樓			高雄B大樓			高雄C大樓			高雄D大樓			台南A大樓		
	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段
最小值	43	50	56	58	55	57	47	50	51	45	69	59	57	64	50
最大值	54	52	60	75	60	62	50	52	54	67	77	64	72	67	54
平均值	47	51	57	64	57	59	49	51	52	54	74	61	63	65	53
標準偏差	3.5	1.0	1.2	5.4	1.7	1.3	1.1	0.8	0.8	7.0	2.3	1.5	5.6	0.9	1.4
	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日
最小值	43	50	56	58	54	57	47	43	48	45	53	57	57	62	50
最大值	70	54	60	85	60	64	63	52	54	78	77	64	88	74	67
平均值	56	52	58	74	57	60	53	48	51	67	64	60	76	66	58
標準偏差	9.1	1.5	1.5	9.1	1.8	2.0	5.3	2.7	1.3	11.5	9.0	2.4	11.2	3.8	5.3
	台南B大樓			台南C大樓			台北A大樓			台北B大樓			台北C大樓		
	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段	P1時段	P2時段	P3時段
最小值	50	50	49	55	34	46	64	68	57	45	53	44	59	63	60
最大值	68	69	59	58	62	55	62	48	51	43	50	34	55	57	56
平均值	60	58	53	56	51	51	63	55	53	44	51	39	57	60	58
標準偏差	5.6	6.2	2.8	1.0	8.5	2.6	1.0	4.6	1.6	0.3	0.8	2.9	0.9	1.7	0.8
	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日	P1整日	P2整日	P3整日
最小值	50	50	49	55	34	46	64	76	59	68	53	45	75	69	65
最大值	88	76	66	64	62	55	62	41	51	43	46	32	55	54	56
平均值	71	64	57	58	50	52	63	56	55	48	51	38	63	58	59
標準偏差	11.2	8.9	6.3	3.0	7.4	2.3	1.0	6.3	2.2	5.3	1.7	3.7	5.2	3.0	1.1

附錄四 室內人員主觀反應調查問卷及基本資料

問卷編號：

填寫日期： 年 月 日

您好：感謝您百忙中填寫本份問卷，本問卷旨在瞭解目前國內辦公建築室內空氣品質之現況，作為擬定辦公建築室內空氣品質基準之參考。本問卷僅供學術研究之參考，不移做其他用途，敬請惠予支持，謝謝您的協助。謹此 敬祝 如意
成功大學建築研究所 敬上

■ 問卷填寫人基本資料

1. 年齡：
☐ 20歲以下 ☐ 21~30歲 ☐ 31~40歲 ☐ 41~50歲
☐ 51~60歲 ☐ 61~70歲 ☐ 70歲以上
2. 性別：
☐ 男 ☐ 女
3. 職稱：
☐ 主管 ☐ 職員 ☐ 其他 _____
4. 您平均每日在辦公室之時間為：
☐ 0-2小時 ☐ 2-4小時 ☐ 4-6小時 ☐ 6-8小時 ☐ 8小時以上
5. 您在目前之辦公室工作時間已達：
☐ 0-2年 ☐ 2-4年 ☐ 4-6年 ☐ 6-8年 ☐ 8年以上
6. 您是否會在辦公室內抽煙？
☐ 是... 數量：_____根，地點：_____ ☐ 否

1. 您認為辦公室內之落塵量如何：
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 沒留意
 很少 少 普通 多 很多
2. 您對辦公室內落塵量的滿意程度如何：
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 沒留意
 很滿意 滿意 適中 不滿意 很不滿意
3. 您在辦公室內是否有頭痛、喉嚨痛、疲倦、身體不適感覺：
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 沒留意
 沒有 很少有 偶爾有 經常有 每天有
4. 當您出現第3題之症狀時，您認為是下列那一項所引起：
☐ 噪音 ☐ 空氣汙染 ☐ 光線不當 ☐ 溫度不適 ☐ 不清楚
5. 您對辦公室內空氣品質之滿意程度如何：
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 沒留意
 很滿意 滿意 適中 不滿意 很不滿意
6. 假如您對辦公室內空氣品質不滿意，您打算如何改善？

為瞭解辦公建築室內作業人員對室內空氣品質的心理反應，與客觀測定之物理量作一分析比較，故針對實測案例其辦公人員作一問卷調查，以得到其對室內空氣環境主觀意識結果。

本問卷調查依所選定測定對象內辦公人員；於測定當天進行問卷調查發放。共計回收有效問卷計 181 份。而問卷內容主要可分為二部份：1. 個人基本資料，2. 主觀意見調查。藉由統計計算分析方法，將問卷分析結果說明如下。

1. 個人基本資料

此部份統計調查項目包括年齡、性別、職稱、平均每日在辦公室時間、在目前辦公室工作時間、是否在辦公室內抽煙等六項。年齡以 21~30 歲最多佔 49.7%，男性佔 61.9%，有 84% 是一般職員。平日在辦公室時間有 88.4% 在六小時以上，有 37% 在八小時以上。在目前辦公室工作年資以 2 年以內較多佔 44.8%，有 9.9% 在辦公室內抽煙。

2. 室內空氣品質主觀意見調查

- (1). 對辦公室內落塵量感覺程度：如附圖 1 所示，除了高雄 A 大樓有 36% 認為“多”外，其餘各大樓普遍均認為“普通”或“少”，而以台南 A 大樓認為“少”和“很少”為最低。
- (2). 對辦公室內落塵量滿意程度：如附圖 2 所示，除了高雄 A 大樓有 41% 認為“不滿意”外，其餘各大樓普遍均認為“適中”和“滿意”之間。而以台南 A 大樓認為“滿意”和“很滿意”為最好。
- (3). 在辦公室內是否經常有頭痛、喉嚨痛、疲倦、身體不適感覺：如附圖 3 所示，各大樓以回答偶爾有者居多；而以高雄 A、D 大樓、台南 A、B 大樓、台北 A、C 大樓均有 60% 以上認為“經常有”或“偶爾有”頭痛、喉嚨痛、疲倦、身體不適情形，整體而言傾向於“偶爾有”和“很少有”之間。
- (4). 身體不適原因：如附圖 4 所示，以認為是空氣污染者較多佔，溫度不適者佔其次。
- (5). 對辦公室室內空氣品質之滿意程度：如附圖 5 所示，高雄 A 大樓有 59% 認為“不滿意”，台北 A、C 大樓有 47% 及 45% 認為“不滿意”，其餘各大樓普遍均認為“適中”。整體而言各大樓大部份均傾向於認為“適中”和“不滿意”之間。

附錄五 建築技術規則通風法規原文

建築設計施工編

第四十三條

(通風)居室應設置能與戶外空氣直接流通之窗戶或開口，或有效之自然通風設備或機械通風設備，並應依左列規定：

一、一般居室及浴廁之窗戶或開口之有效通風面積，不得小於該室樓地板面積百分之五，但設置符合規定之自然或機械通風設備者不在此限。

二、廚房之有效通風開口面積，不得小於該室樓地板面積十分之一，且不得小於 0.8 平方公尺，但設置符合規定之機械通風設備者不在此限。廚房樓地板面積在 100 平方公尺以上者，應另設排除油煙設備。

三、有效通風面積未達該室樓地板面積十分之一之戲院、電影院、演藝場集會堂等之觀眾席及使用爐灶等燃燒設備之鍋爐間、工作室等，應依建築設備編之規定設置適當之機械通風設備，但所使用之燃燒器具與設備可直接自戶外導進空氣，並能將所發生之廢氣物，直接排至戶外而無污染室內空氣之情形者，不在此限。

建築設備編

第二節 機械通風系統及通風量

第一百條

第一百零一條

(通則)本規則建築設計施工編第四十三條規定之機械通風設備，其構造應依本節規定。(通風系統)機械通風應依實際情況，採用左列系統：

一、機械送風及機械排風。

二、機械送風及自然排風。

三、自然送風及機械排風。

第一百零二條

(通風量)建築物供各種用途使用之空間，設置機械通風設備時，通風量不得小於左表規定：

房 間 用 途		樓地板面積每平方公尺所需 通風量(立方公尺/小時)	
		前條第一、二兩 款通風方式	前條第三款 通風方式
臥室、起居室、私人辦公室等容納人數不多者。		8	8
辦公室、會客室。		10	10
工友室、警衛室、收發室、詢問室。		12	12
會議室、候車室、候診室等容納人數較多者。		15	15
展覽陳列室、理髮美容院。		12	12
百貨商場、舞蹈、棋室、球戲等康樂活動室、 灰塵較少之工作室、印刷工場、打包工場。		15	15
吸煙室、學校及其他供指定人數使用之餐廳。		20	20
營業用餐廳、酒吧、咖啡館。		25	25
戲院、電影院、演藝場、集會堂之觀眾席。		75	75
廚 房	營 業 用	60	60
	非 營 業 用	35	35
配 膳 室	營 業 用	25	25
	非 營 業 用	15	15
衣帽間、更衣室、盥洗室、樓地板面積大於 15平方公尺之發電或配電室。		—	10
茶 水 間		—	15
住宅內浴室或廁所、照相暗室、電影放映機室		—	20
公共浴室或廁所，可能散發毒氣或可燃氣體之 作業工場		—	30
汽車庫、蓄電池間。		—	35

附錄六 本研究期初 期中，期末報告會議記錄

■ 期初簡報會議記錄

1. 時間：民國八十一年八月十八日（星期二）下午二時
2. 地點：臺南縣走馬瀨農場
3. 主持人：內政部建築研究所籌備處兼主任張召集委員世典
記錄：王文安

4. 出席人員

5. 發言內容：

主持人 張主任世典

- (1). 本研究挑選的測試對象是否就得獎的幾棟超高層建築物外，另外挑選幾動評鑑結果較差的建築做測試，方能就是室內環境品質之音及振動方面做本土化的測試結果做評估比較。
- (2). 測試結果，是否應依建築物結構的不同的比較，例如使用DECK-PLATE的高層建築物的樓版，其性能的比較應在其圖面資料詳細收集之後再針對其不同點做測試，最後在依其不同構造之特點建立規範及本土化資料。
- (3). 測試工作的進行盡量互相配合並在時間允許之下，儘量在同一天同一個位置可以同時作不同題目的測試，例如和蔡教授的題目可以互相配合，以節省聯絡無謂之浪費及避免受測單位之困擾。

成大教授 林憲德

- (4). 本研究之“室內環境”種類非常多，科目另外有光，熱，及氣流等，依計劃書的內容，是否應將題目定義清楚在空氣品質（CO、CO₂、粉塵）品質之探討及輕量化後噪音及振動因子之探討。

成大教授 賴榮平

- (5). 這個計畫的題目是否過於廣義，例如高層建築的定義及種類均未說明清楚，是否就挑選案例的幾棟建築物的種類歸為“高層辦公建築”並針對所謂所謂“高層”的“辦公建築”做明確的定義。

6. 結論與建議：

- (1). 研究題目配合研究內容修正為：「辦公建築音及空氣品質之研究」。

- (2). 測試對象相同的部份請與中技社協調共同配合測試之可行性。
- (3). 測試對象應不限選擇優良建築物，較差之建築亦應考慮列入。

■ 期中簡報會議記錄

1. 時間：民國八十二年一月七日（星期四）下午二時
2. 地點：南投縣阿里山
3. 主持人：內政部建築研究所籌備處蕭副主任江碧
記錄：王文安
4. 出席人員
5. 發言內容：
主持人 蕭副主任江碧
(1). 本研究之最後結果應落實至法規及規範之建議上而不應只是純粹之實驗調查報告。
6. 結論與建議：
(1). 輕量化後構材之吸音性請提出推薦值。
(2). 建議將建築技術規則設備編之換氣量作為空氣品質評估指標之可行性檢討。
(3). 檢討室內空氣品質測定點是否加測回風口之濃度含量。
(4). 研究範圍考慮加入非中央空調系統之建物案例。

■ 期末簡報會議記錄

1. 時間：民國八十二年六月十一日（星期五）下午二時四十分
2. 地點：臺北市經濟研究院
3. 主持人：內政部建築研究所籌備處兼主任張世典
記錄：王文安
4. 出席人員
5. 發言內容：
某建築師事務所設計師
(1) 在這麼多之研究測試及規則及規範之擬定是否有考慮到建築之成本問題是否會造成投資單位、設計單位及施工單位興建時之困擾。

■ 參考文獻

(一). 中文部份

- C1. 江哲銘、林俊興等，"下世代住居空間物理環境之研究（第一期、第二期）"，財團法人祐生研究基金會，1990.8
- C2. 江哲銘、林俊興等，"住居空間物理環境基準之研究—室內環境品質量測法初探"，中華民國建築學會第四屆建築學術研究發表會論文集，P93~98，1991.11
- C3. 江哲銘、林俊興等，"住居空間物理環境基準之研究—室內環境品質影響因子測試分析"，中華民國建築學會第四屆建築學術研究發表會論文集，P99~104，1991.11
- C4. 陳世偉，"空氣淨化工程學"，中華水電冷凍空調雜誌社，1990.5
- C5. H.C.Perkins 著，黃正義、黃炯昌譯，"空氣污染學"，科技圖書股份有限公司，1990.8
- C6. 陳海曙，"現代建築室內空氣品質設計原則"，現代營建，F89~96，1989.11
- C7. 陳海曙，"室內空氣品質不佳之案例研究"，中華民國建築學會第三屆建築學術研究發表會論文集，P263~266，1990
- C8. 陳海曙，"建築新趨勢——健康空調"，冷凍空調第一期，F25~29，1991.春
- C9. 陳海曙，"談合意室內空氣品質之建築規劃"，建築師，P66~69，1991.8
- C10. 蔡尤溪，"空調換氣對建築耗能之影響"，建築師，P62~69，1991.8
- C11. 國立成功大學建研所，"建築物性能評估系統之基礎研究"（第一期、第二期、第三期），內政部建研所籌備處，1988.2~1989.7
- C12. 王榮德，"公害與疾病"，健康世界雜誌社，1988.11
- C13. 陸繼雄，"都市噪音與空氣污染"，淑馨出版社，1988.6
- C14. 李森峰、楊冠雄，"建築物室內空氣品質控制與節約能源之分析"，中山大學機械研究所碩士論文，1991.6
- C15. 日本產業公害防止協會編定、陳靜濱譯，"公害防止的技術與法規——大氣篇"，徐氏基金會出版，1991.3
- C16. 行政院環保署編，"環境保護法令"，1991.5
- C17. 行政院環保署，"空氣污染防治法修正草案"，1989.11

- C18. 行政院環保署, "中華民國台灣地區環境空氣品質標準", 1990.3.12
- C19. 行政院環保署編, "中華民國台灣地區地方環境資訊(79年第二版)", 1990.7
- C20. 鄭福田, "空氣污染評估", 環境影響評估講習教材及參考資料(第二冊), 1988
- C21. CNS 中國國家標準(總號6873、類號A3118), "室內換氣量之測定法(二氧化碳法)"
- C22. CNS 中國國家標準(總號6874、類號A3119), "空氣調節與換氣設備之風量測定法"
- C23. 行政院環保署統計室編, "中華民國台灣地區環境保護統計年報", 1991.1992
- C24. 行政院環保署統計室編, "中華民國台灣地區環境保護統計月報", 1992.2、1992.4、1992.10
- C25. 行政院環保署編, "環境保護年鑑(七十九年版)", 1992
- C26. 行政院環保署編, "空氣污染防治對策方針之策定研究", 1988.8
- C27. 行政院環保署統計室, "中華民國環境保護統計名詞定義", 1991.4
- C28. 日本環境廳著, "環保小百科", 臺灣英文雜誌社, 1990.7
- C29. 李俊璋、鄭福田、莊進源, "台北市空氣中懸浮微粒物理化學分析及其與學童費功能之研究", 台大環工所碩論, 1982.6
- C30. 蘇國澤、鄭福田、張慶源, "台北市機動車輛排氣對不同曝露型態居民之影響", 臺大環工所碩論, 1989.7
- C31. 姚克明譯, "健康與環境", 臺灣省公共衛生研究所出版, 1981.9
- C32. "環境衛生 第二輯", 臺灣省公共衛生教學實驗院出版, 1979
- C32. 鄭福田譯, "空氣採樣及分析的方法"(上)、(下), 渤海堂文化公司, 1988.10
- C33. 彭定吉、江哲銘, "集合住宅室內空氣品質(CO₂、CO、粉塵)現場量測方法之探討", 成大建研所碩論, 1992.6
- C34. CNS 中國國家標準(總號12824、類號K9109), "廢氣中一氧化碳檢驗法"
- C35. CNS 中國國家標準(總號7275、類號K9066), "環境大氣中浮游粉塵濃度測定方法"
- C36. CNS 中國國家標準(總號3917、類號J2014), "大氣中總懸

浮微粒量測定法”

- C37. CNS 中國國家標準（總號3916、類號K9013），“大氣中落塵量測定法”
- C38. 林清山，“心理與教育統計學”，東華書局，1992
- C39. 營建雜誌社，“建築技術規則”，1992
- C40. 松尾陽，“地球環境與建築”，冷凍空調雜誌，P40～P46，1992
- C41. 洪劍長、曾鵬樟、黃蒨芸、彭及青、扶亞民，“能資所自製矽膠粉體靜電塗裝全熱交換器對室內空氣與空調換氣耗能影響研究”，冷凍空調雜誌，P87～98，1993.2
- C42. 曾鵬樟，“台灣都會地區辦公室建築物室內空氣品質的探討與展望”，冷凍空調雜誌，P49～62，1993.2
- C43. 李良梧編譯，“室內空氣品質與通風”，冷凍空調雜誌，P79～86，1993.2
- C44. 扶亞民、洪劍長，“通風換氣對空調負荷及室內空氣品質之影響”，冷凍空調雜誌，P18～36，1992.3

(二). 日文部份

- J1. ビル管理技術研究會編，“室內環境の管理”，1982.7
- J2. 村松 學，“環境測定と記録”，才 厶社，1990.9
- J3. 藤井正一，“住居環境學入門”，株式會社彰國社，1984.2
- J4. 日本建築學會譯，“室內空氣污染・解析・予測・對策と人體影響データ”，1990.4
- J5. 瀬沼勲，“室內環境學”，三共出版株式會社，1990.5
- J6. 日本建築學會編定，“建築設計資料集成 1 環境”，丸善株式會社，1977.6
- J7. 安岡正人、眞鍋恒博等，“住文化調查研究報告書（第三分冊）”，住文化研究協議會，1989.5
- J8. 山田由紀子，“建築環境工學”，1989.2
- J9. 山田由紀子，“建築環境基準に關する研究”，東京大學博士論文，1970.12
- J10. 日本建築學會編，“建築環境工學用教材 環境篇”，1988
- J11. 健康で快適な住宅研究會編集、建設省住宅局住宅生産課監修，“健康快適住宅宣言”，ケイブزن出版株式會社，1991
- J12. 藤井正一，“健康に住よら 快適な生活環境をつくる知恵”，株式會社彰國社，1991.11
- J13. 地域交流センタ 企劃，“いい空氣の本 都市と住宅の快適な空氣環境を考ふる”，地域交流出版，1990.9

- J14. 高野健人、前田博、長田泰公編著，“セミナー健康住居学”
，株式会社清文社，1987.10
- J15. 佐藤方彦、關邦博編著，“住環境とヒト”，井上書院，1988
- J16. 泥井宏修，“ディテールにかかわるアメニティ”，建築技術
p251～258，1992.1
- J17. 田中正敏，“居住空間のアメニティ”，建築技術 p216～222
，1992.2
- J18. 綿貫茂喜，“技術革新と住まい”，建築技術 p230～237，
1992.5
- J19. 宮崎竹二、橋崎正也，“自然換気の室内における粉塵および
金属の性状”，日本建築學會計畫系論文報告集 No.432 p35
～44，1992.2
- J20. 野崎淳夫、吉澤 晉、小峰裕己，“室内酸素濃度の變化が石
油ストーブファンヒーターの NOx,CO 発生特性に及ぼす影響
”，日本建築學會計畫系論文報告集 No.411 p9～16，1990.5
- J21. 管原文子、吉澤 晉，“建築空間における空中浮游微生物粒
子の評價方法に関する研究（第2報）”，日本建築學會計畫
系論文報告集 No.375 p10～16，1987.5
- J22. “空氣清淨ハンドブック”，日本空氣清淨協會，オーム社，
1981.8
- J23. 松本 博、長谷川房雄、内海康雄，“室内における汚染物の
擴散機構に関する研究—數値解析手法による空氣汚染濃度分
布の予測—”，日本建築學會計畫系論文報告集 No.364 p31～
38，1986.6
- J24. 田中俊六、武田 仁、足立哲夫、土屋喬雄，“最新建築環境
工学”，井上書院，1985.1
- J25. 佐野暢紀、平澤信夫，“建築環境設備管理”，技術書院，
1985.6
- J26. 紀谷文樹、關根孝、入江建久、宿谷昌則編，“建築環境設備
学”，彰國社，1988
- J27. 齋藤平藏，“建築氣候”，共立出版株式會社，1974
- J28. 長田泰公編，“ビル管理のための環境衛生入門”，オーム社
，1990
- J29. ビル管理ハンドブック編輯委員會編，“ビル管理ハンドブッ
ク”，オーム社，1982
- J30. 池田耕一，“室内空氣汚染のメカニズム”，鹿島出版會，
1992

- J31. 設備と管理編集部編，"ビル設備，衛生管理チエツクリスト"，オーム社，1992
- J32. JIS 日本工業規格（K0098 1988），"排氣中一氧化炭分析"方法"
- J33. JIS 日本工業規格（Z8808 1992），"排氣中粉塵濃度之測定方法"
- J34. JIS 日本工業規格（Z8813 1989），"浮游粉塵濃度測定方法通則"
- J35. JIS 日本工業規格（A1406 1974），"屋內換氣量測定方法（二酸化炭法）"
- J36. CNS 日本工業規格（A1431 1974），"空氣調節・換氣設備之風量測定方法"

(三). 英文部份

- E1. ASHRAE Standard 62-73 /81 /81R /89，" Ventilation for Acceptable Air Quality "，Atlanta
- E2. Fanger.P.O.，"The Olf and Decipol"，ASHRAE JOURNAL October 1988.
- E3. Fanger. P.O.，"The New Comfort Equation For Indoor Air Quality"，ASHRAE JOURNAL October 1989.
- E4. D.A. MCINTYRE，" Indoor Climate "，Applied Science Publishers LTD，1980
- E5. B&K，" Indoor Air Quality "，1989.9
- E6. TEAC CORPORATION，" TEAC DR-F1 Digital Recorder Instruction Manual "
- E7. R.A. EADDEN，P.A. SCHEFF，" INDOOR AIR POLLUTION "，1983
- E8. Thad Godish，" Indoor Air Pollution Control "，LEXIS PUBLISHERS，1990
- E9. ISO Catalogue 1992，0290 Air Quality
- E10. Annual Book of ASTM STANDARDS，Volume 11.03 1991.1992
- E11. Uniform Building Code，1991
- E12. The B O C A National Building Code / 1987，Building Officials & Code Administrators International, INC.
- E13. The B O C A National Mechanical Code / 1987，Building Officials & Code Administrators International, INC.