

第壹章 緒論

第一節 研究動機

國家快速的發展，不僅令國民生活水準提升，並造就了台灣的經濟奇蹟。在各種經濟需求急遽增加下，致使工廠及工業區的林立，石化燃料或燃煤等的能源大量消耗及交通運輸工具的高度成長，而公共工程建設大量增加的結果，亦影響環境之空氣品質。

台灣的能源消費，自 50 年代後期開始即以石油產品及電力為主，前者與石油或煉油化學工業有關，後者則多來自以燃煤、燃氣等發電之火力發電廠，截至民國 87 年，火力發電約佔電力發電之 27.05 %。而台中縣沿海地區的電力供應業又以燃煤之火力發電廠為主，其排放的氮氧化物、硫氧化物等物質另可衍生酸雨等環境問題^(67,68)。因此，形成氮氧化物的來源不僅有固定性污染源，汽機車之移動性污染源亦是其來源之一。

台灣氣候屬於亞熱帶氣候，每年 10 月至翌年 3 月東北季風盛行，夏季及秋季常受颱風與雷雨侵襲，由於空氣污染物會受到地形與氣象條件之相互影響，為了評估空氣品質，行政院環保署及環保局在各地

設有空氣品質監測站監測各區域之空氣污染物濃度，其訂定的空氣品質標準條例中有關二氧化氮之標準，分別為小時平均值不得超過 0.25 ppm，年平均不得超過 0.05 ppm，至民國 88 年，二氧化氮年平均濃度為 0.023 ppm，且無任何小時平均值超過空氣品質標準^(67,68)。

國內外對於空氣污染與人體健康之相關研究不盡其數，根據文獻，當氮氧化物於空氣中濃度 0.063-0.083 ppm 持續六個月時對人體健康有不利影響，若人體長時間暴露在高二氧化氮濃度環境內，會影響呼吸系統，造成呼吸困難、氣管炎、氣喘等，而吸入濃度過高的一氧化氮則會產生缺氧，危害健康。行政院環保署曾於民國 84-86 年間委託各學術機構⁽⁸⁸⁾，對全國 800 所國中學生進行肺功能檢查及氣喘盛行率調查，並配合來自空氣品質監測站之空氣污染物數值，其結果顯示氣喘盛行率明顯與空氣污染的程度成正相關，其中以二氧化氮和臭氧的相關性較強。

綜之，空氣污染物之氮氧化物與人體健康有密切關係。由於空氣品質監測站以評估空氣品質為目的並未以居民實際暴露濃度為主，以致於利用其數據，難以得知居民實際暴露情形，故本研究選擇居住靠近火力發電廠附近之居民，以瞭解其氮氧化物濃度與環境相關性，期望能建立未來氮氧化物及二氧化氮與呼吸系統疾病關係之研究基礎。

第二節 研究目的

1. 利用被動式採樣器之簡便性，有效採集氮氧化物及二氧化氮濃度。並平行比對與空氣品質監測站之監測數據。
2. 建立及比較居住於火力發電廠附近地區居民與非居住此區的居民其氮氧化物及二氧化氮之暴露濃度有無不同。
3. 調查及探討居民的氮氧化物及二氧化氮濃度與居家環境影響因子之相關性。

第貳章 文獻回顧

第一節 氮氧化物的來源、性質及變化^(48-51,60)

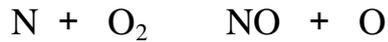
一、氮氧化物

氮氧化物 (NO_x , Nitrogen oxides) 的來源可分為兩種，一為自然來源，如：閃電、火山活動，另一為人為來源，而人為來源主要由燃料燃燒過程所產生，一般可分為移動性污染源，如：汽機車所排放的廢氣及固定性污染源，如：石化業工廠、火力發電廠等工業的燃料燃燒。

氮氧化物的種類，主要是一氧化氮(NO)與二氧化氮(NO_2)，移動性污染源及固定性污染源產生的氮氧化物是以一氧化氮及二氧化氮形式排出。在高溫下空氣中的氮原子及氧原子可形成熱力型氮氧化物 (thermal NO_x)。若是燃料內含有氮的化合物，於燃燒後與空氣中氧原子反應則形成燃料型氮氧化物 (fuel NO_x)。而在太陽光照射下氮氧化物的二氧化氮可產生光分解反應，再經大氣中與氫氧自由基反應形成硝酸。此外，飛行航空器排放的氮氧化物等物質可加速臭氧的消耗，故會破壞臭氧層。氮氧化物的反應式如下列所示：



(高溫燃燒下產生 N_2 與 O_2)



(N_2 與空氣內 O_2 反應形成 fuel NO_x)



(NO_x 中 NO_2 光分解反應產生氧原子)



(氫氧自由基與 NO_2 反應形成硝酸)



(M (O_2 或 N_2) 吸收氧原子與氧分子反應產生臭氧)



(NO_x 與臭氧反應產生 NO_2 和氧原子反應)



(氧原子再與臭氧反應導致臭氧被破壞)



(因飛行航空器的使用，加速臭氧被破壞)

二、一氧化氮

一氧化氮(NO)，英文名稱 Nitric oxide，分子量為 30，是一種外觀無色、無味的氣體，沸點為-152℃，熔點為-164℃，比重在-150.2℃時為 1.27，水中溶解度 7.4 cc/100 cc。行政院勞工安全衛生研究所^(58,60)指出作業環境內八小時日時量平均容許濃度(TWA)為 25 ppm，短時間時量平均容許濃度(STEL)是 37.5 ppm。

一氧化氮通常為石化燃料燃燒及燃煤之高溫燃燒產生，在高溫度的情況下及有氧原子供應下可加速一氧化氮的形成。一氧化氮反應式如下列所示：



(N_2 、 O_2 分別與 O、N 反應形成 NO)



三、 二氧化氮

二氧化氮 (NO₂), 英文名稱 Nitrogen dioxide, 分子量為 46.01, 是一種外觀為紅棕色具辛辣刺激味的氣體, 其沸點為 21, 熔點為 -167, 最高容許濃度 (ceiling) 為 5 ppm^(58,60)。

行政院環境保護署⁽⁸⁷⁾於空氣品質標準管制條例中規定二氧化氮的小時平均濃度不得超過 0.25 ppm, 年平均值不得超過 0.05 ppm。並且在空氣品質嚴重惡化緊急防制辦法中明訂初級、中級、緊急的空氣污染物濃度條件, 其二氧化氮 24 小時平均濃度分別不可超過 0.2 ppm、0.4 ppm、0.5 ppm。

二氧化氮的來源是由於一氧化氮於大氣中對流層的化學反應形成或是人為污染源之燃燒過程產生, 由於它可吸收紫外線與可見光, 當光波長愈短時, 吸收量愈多, 可形成光分解反應, 又因為第三種物質 (M: 大氣中的 O₂ 或 N₂) 吸收氧分子及氧原子反應而產生臭氧 (O₃), 臭氧再結合一氧化氮反應, 最後形成氮氧化物光化學循環反應 (NO₂-NO-O₃-NO₂)。另外, 當空氣中碳氫化合物 (RH) 加入光化學反應後再結合過氧自由基 (ROO·) 可讓一氧化氮氧化為二氧化氮, 最後在二氧化氮與自由基反應下終止反應。二氧化氮的各反應式如下

列所示：



(NO 氧化形成 NO₂)



(NO₂ 之光分解反應)



(氧分子與氧原子反應產生臭氧)



(NO_x 之光化學循環反應)



(R· (烷基自由基) 與 O₂ 反應形成 ROO· (過氧自由基))



(ROO· 與 NO 反應形成 NO₂)



(NO₂ 的終止反應)

第二節 氮氧化物的危害

一、 人體的危害

(一) 氮氧化物

Mansur R Azari 等 (1996) ⁽²⁵⁾ 調查發現玻璃工人與銅匠暴露於氮氧化物環境下，體內週邊血液中自然殺手細胞 (NK cell, natural killer cells) 活性和百分比會改變。Yves Jammes 等 (1998) ⁽⁴⁵⁾ 研究表示患病的成人於室外環境中長時間暴露在空氣污染物下(如： NO_x) 會影響呼吸系統的易感性，並且對居住在城市的患病者其肺功能有顯著改變。

多位學者 ^(48-51,58,59) 研究指出氮氧化物的濃度在 0.063-0.083 ppm，持續六個月時對人體健康有不利影響。大氣中，若氮氧化物與反應性碳氫化合物結合，會形成光化學煙霧，它所產生的臭氧濃度達 0.15 ppm 時會刺激人體呼吸道，產生咳嗽、氣喘。而飛行航空器排放的氮氧化物，可快速消耗大氣中平流層之臭氧，由於臭氧可吸收 220-330nm 的紫外線，如果紫外線無法被吸收，則會使人體容易直接受紫外線的危害，在長期暴露下易增加罹患白內障及皮膚癌的機會。

(二) 一氧化氮

研究報告^(49,58)指出一氧化氮可和人體中血紅素結合，減低血紅素攜帶氧氣的能力，人類如果吸入濃度過高的一氧化氮，會產生缺氧狀態，影響中樞神經系統，更甚者造成中風。在暴露過久之下會引起咳嗽、疲勞、噁心、頭痛、無法深呼吸、無食慾、全身無力等症狀，而急性健康危害上，因在空氣中會變成二氧化氮，可引起肺水腫、肺炎、支氣管炎等疾病。

(三) 二氧化氮

Infante(1993)⁽¹³⁾研究發現兒童的氣喘發生與室內二氧化氮濃度有顯著相關性並有劑量反應之關係(dose response effect)。Pershagen等(1995)⁽³³⁾研究指出二氧化氮濃度與上呼吸道疾病盛行率及氣喘發作有顯著相關。Dawson等(1979)⁽¹⁰⁾指出人體暴露在0.2 ppm的二氧化氮濃度下對肺功能會有影響。Mukala等(1999)⁽²⁸⁾則以為二氧化氮濃度亦可影響學童的肺功能。而Shouten等(1996)⁽⁴⁰⁾研究表示因慢性阻塞性肺疾病(COPD, chronic obstructive pulmonary disease)住院之所有年齡層者與二氧化氮濃度是呈顯著相關性。

由於二氧化氮具有刺激性臭味及毒性，若人體暴露在濃度過高的二氧化氮環境或是暴露的時間過長，將會刺激眼睛，並使得呼吸系統中的鼻咽及氣管或支氣管的纖毛細胞清除外界異物的功能負荷過大而產生下列症狀：結膜炎、呼吸困難、咳嗽、發紺、嘔吐、頭暈、氣管炎、氣喘、肺炎、肺水腫及影響循環系統，使血壓降低。當暴露於二氧化氮濃度超過 150 ppm 時，可導致人體的死亡^(48,58,77)。

二氧化氮的暴露時間與濃度對人體健康的影響如下表所敘述：

NO ₂ 暴露時間	NO ₂ 暴露濃度	人體健康的影響
長期平均 濃度	<0.05 ppm	環境 NO ₂ 的增加，造成罹患心臟病和肺部 疾病者增加
慢性暴露	0.05-0.1 ppm	慢性支氣管炎者增加
間歇性暴露	10-40 ppm	可能造成肺氣腫或慢性支氣管纖維化
<1 小時	50-100 ppm	可能造成支氣管肺炎
5-8 分鐘	150 ppm	可能導致死亡

(參考文獻⁽⁶⁶⁾)

二、 環境的危害^(48,51,86)

(一) 植物及其他的危害

暴露在 10 ppm 一氧化氮的濃度下，會減低植物的光合作用。暴露在低量二氧化氮的植物，會造成生長抑制、葉片褪色或產生斑點。氮氧化物不僅會減低紡織品強度，也會造成染料及墨水的褪色，而由於二氧化氮經大氣的光分解反應產生臭氧，臭氧與其他的光分解物質對於金屬物質具有腐蝕作用，並且也可造成農作物受損及減少產量。

(二) 大氣的危害

進入大氣的氮氧化物多轉化成硝酸，當它與其他物體排放的氯化氫形成的鹽酸結合時，可產生酸雨，酸雨可對植物及土壤造成破壞，也會使湖水酸化，毒害水中生物。而在相對濕度 < 60 % 及太陽光照射下，若氮氧化物與碳氫化合物同時存在，可產生光化學煙霧，它不僅可影響人體健康，也可減低都市地區的能見度。

第三節 氮氧化物與個人、室內及室外環境濃度的相關研究

多位學者經由被動式採樣器採集的空氣污染物濃度之研究發現，個人的氮氧化物濃度主要受室內的氮氧化物濃度影響，而室內的氮氧化物、二氧化氮濃度又與燃料種類的選擇及抽菸、家庭通風情形有關。此外，季節的不同及氣象條件的多變性，造成各地區呈現高或低程度的氮氧化物濃度，茲分別就個人暴露、居家室內和居家室外環境與氮氧化物濃度的相關研究敘述如下：

一、 氮氧化物與個人暴露、居家室內環境濃度

森忠司 等 (1986)⁽⁸²⁾ 曾於 1983 年以季節區分，針對居住於東京鄰近縣市的工作者及家庭主婦做二氧化氮的個人暴露量調查，結果顯示冬天的二氧化氮個人暴露量平均值 37.7 ppb 並且高於其他季節 2 倍。而由於冬季時室內使用燃煤及暖氣，其二氧化氮濃度分別為 43.6 ppb、33.4 ppb 並顯著高於未使用者，未使用燃煤及暖氣的二氧化氮濃度為 18.0 ppb。松村年郎 等 (1993)⁽⁸⁵⁾ 調查指出一般家庭於冬季所使用的暖氣設備（燃煤或瓦斯）與室內二氧化氮濃度呈高度相關（ r 值 = 0.826），Derwent 等 (1995)⁽¹¹⁾ 的研究結果亦顯示冬季的高二氧

化氮值是因為使用暖氣及市區汽車流量多之故。

有研究(C. Monn 等, 1998⁽⁶⁾)顯示受地形因素(如居住於山谷)影響, 造成個人的二氧化氮濃度值會偏高; 在統計方法的相關性分析上, 顯示個人與室內的解釋性 ($r^2 = 0.51$) 比個人與室外 ($r^2 = 0.33$) 來得高。此外, 當室內有抽菸的燃燒情形時, 個人的二氧化氮值也會增加。

Samet 等(1987)⁽³⁸⁾ 研究表示使用瓦斯烹調會增加室內的二氧化氮值。針對廚房、客廳和臥室, 比較其二氧化氮和一氧化氮濃度, 郭錦堂 等(1998)⁽⁶¹⁾ 指出, 因居家環境多使用瓦斯爐與熱水器及受到室內通風程度影響, 使得廚房的環境濃度值高於其他二者。同樣的, C. Monn 等(1998)⁽⁶⁾ 及 Kiyoun Lee 等(1998)⁽¹⁷⁾ 調查發現, 使用瓦斯烹調, 其二氧化氮濃度值是高於用電器烹調。而不僅瓦斯烹調、通風是重要影響因子, M.H. Garrett 等(1999)⁽²⁴⁾ 研究指出室內環境二氧化氮的主要來源有使用瓦斯爐、瓦斯熱氣之排放及抽菸, 而有使用瓦斯爐的家庭其二氧化氮值是較高的, 並且也發現抽菸亦會增高室內二氧化氮濃度。Renata 等(1999)⁽³⁵⁾ 及 Kiyoun Lee, Wonho Yang 等(2000)⁽¹⁸⁾ 則認為個人暴露與室內二氧化氮濃度及家庭內瓦斯使用是具有顯著相關性。

Christopher 等 (2000)⁽⁸⁾ 認為在廚房有使用烹調的，其室內二氧化氮值是明顯高於沒有烹調的，而若是長時間待在有燃料燃燒的環境內（廚房）將造成個人的二氧化氮值升高。當廚房有設置抽風壁扇，其濃度值是呈現較低的現象。他們同時並進一步的調查發現，因受測者並非長時間處在廚房做烹調，故個人二氧化氮暴露量與在家中烹調時數的相關，其統計之迴歸分析顯示未有顯著相關 ($r^2 = 0.27$)。

此外，森忠司 等 (1986)⁽⁸²⁾ 與 C. Monn 等 (1998)⁽⁶⁾ 的研究結果一致認為，由於人們待在室內時間較室外時間多，故四季中，個人的二氧化氮暴露量明顯與室內的二氧化氮量有關。他們並指出因為夏季多使用空調系統之故，使得室內的二氧化氮濃度較低。Christopher 等 (2000)⁽⁸⁾ 亦認為有使用空調系統的辦公室，其二氧化氮濃度值是呈現低的趨勢。

二、 氮氧化物與室外的濃度

森忠司 等 (1986)⁽⁸²⁾ 與 M.H. Garrett 等 (1999)⁽²⁴⁾ 指出因為空調設備的使用及室內通風良好，夏季時室內二氧化氮平均濃度比室外來的低。Catherine 等 (2000)⁽⁷⁾ 對 114 位 7-12 歲的英國學童進行長

時期的室外二氧化氮濃度與個人暴露量的調查，發現各季節其室外的二氧化氮值並未有明顯的變化，並且與個人的暴露量顯著相關性小。

Dariusz 等 (1997)⁽⁹⁾ 研究表示，愈靠近工業區和城市地區，其二氧化氮值比鄉村地區高出許多。後藤隆雄 等 (2000)⁽⁸⁴⁾ 指出固定性污染源及各季節風向變化會造成地區性二氧化氮濃度高低之別。R. Mondal 等 (2000)⁽³⁴⁾ 調查及測量 Calcutta 地區 19 個車流量點，結果顯示，氮氧化物濃度的增加，其移動性污染源是影響要素之一。T.W. Ashenden 等 (1995)⁽⁴⁴⁾ 和 Marianne Glasius 等 (1999)⁽²⁶⁾ 及 B. Owen 等 (2000)⁽⁴⁾ 與 P.R. Hargreaves 等 (2000)⁽³²⁾ 調查發現車流量的多寡會影響氮氧化物、二氧化氮濃度。Christopher 等 (2000)⁽⁸⁾ 也認為，大量的使用交通運輸工具，是造成居家環境外的高二氧化氮濃度之原因。

氮氧化物的濃度亦有季節性變化，R. Mondal 等 (2000)⁽³⁴⁾ 指出，尤其 Calcutta 地區其氣候的特性冬季夜晚的溫度會升高，故呈現高的氮氧化物濃度 ($118-164 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$)，而因為氣候因素（雨量）的影響，使得夏季的氮氧化物濃度低 ($92-120 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$)。森岡純一 等 (2000)⁽⁸³⁾ 則調查發現交通型態的變化與風向、各季節可造成區域性二氧化氮濃度分佈不同的情形。

第四節 氮氧化物的採樣及分析方法

一、 被動式採樣器的原理^(34,58-63,65,83,84)

研究指出，被動式採樣器是藉著擴散或滲透的原理，以一定的速率採集大氣中的氣體，並且不使用機械的動力。而擴散是指污染物於空氣中或擴散腔中質量的輸送。滲透是指污染物通過薄膜。被動式採樣器可按照其構造形成的原理區分為三種型，第一種：擴散型 (diffusion type)；第二種：滲透型 (permeation type)；第三種：混合型 (combination of diffusion and permeation)。

本研究所採用的採樣器為擴散型的被動式採樣器 (diffusion sampler)。平野耕一郎等 (1996)⁽⁵⁹⁾ 的研究表示只要理解擴散型採樣方法的裝置特性和原理，擴散型被動式採樣器並不遜於使用幫浦的主動式採樣器的採樣方法。

擴散型被動式採樣器是以分子擴散法則為準，即費氏第一定律 (Fick's First Law)，其原理是以物質的濃度由高往低移動現象，採集空氣污染物的量。

多位研究者⁽⁵⁹⁻⁶⁵⁾曾依據 Fick's First Law 計算，並指出擴散型被動式採樣器其捕集量與捕集速度是具有比例關係。由下列計算式的說明可清楚得知。

從計算式【1】中可獲得採樣器的捕集量（物質移動量）。而物質移動量 J 在每單位時間 t (sec) 及每單位面積 S (cm^2) 與濃度 C/L 是呈比例的。

$$J = K \times (C/L) \dots\dots\dots \text{【1】}$$

J : $\text{ng}/\text{cm}^2/\text{sec}$, 物質移動量

K : cm^2/sec , 分子擴散係數 (假設溫度 20 時, NO_2 之 K 為 0.151)

C : mol/cm^3 , ppb , 濃度

L : cm , 擴散長度

從計算式【2】中將捕集面兩邊乘以擴散面積 A , 可得到採樣器捕集速度 W/t 。

$$J \times A = K \times A \times (C/L) = W/t \dots\dots\dots \text{【2】}$$

A : $n \times S$ (cm^2) , 捕集面的有效擴散面積

W/t : ng/min , 捕集速度

而由計算式【3】中得知，採樣器的濃度 C 與捕集速度 W/t 具有比例關係。

$$C = \acute{a} \times (W/t) \dots\dots\dots \text{【3】}$$

C : ppb , 採樣器之濃度

W : ng , 捕集量

t : min , 採樣時間

而在最適條件下忽略使用的採樣器通風面 (polyethylene , 擴散式多孔蓋) 及捕集面對風向或風速之擴散抵抗均很小的情況，由計算式【4】可得到比例常數 \acute{a} 。 \acute{a} 可經由已萃取的捕集量 f 及分子擴散係數 K , 有效擴散面積 A , 擴散長度 L , 氣體莫耳重 M , 氣體莫耳容量 V 計算出。

$$\acute{a} = (1/60) \times (1/f) \times (1/K) \times (L/A) \times (V/M) \times 10^3 \dots\dots \text{【4】}$$

\acute{a} : ppb \times min/ng , 比例常數

f : 被捕集的氣體以水萃取時的量

V : 1 莫耳氣體容量

M : g/mole , 1 莫耳氣體重

二、 擴散型被動式採樣器的構造

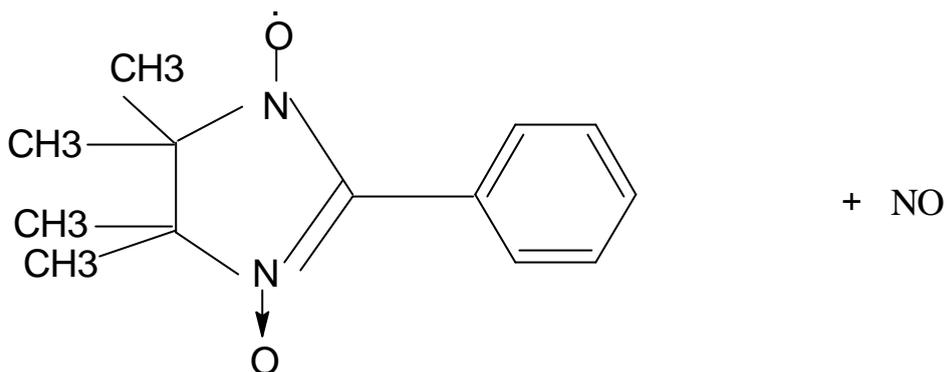
擴散型被動式採樣器的規格大小，為直徑 2 cm，長度 3 cm 的塑膠短圓筒型，重量約 10gm，體型小且輕，並且可以重複使用。採樣器由 2 個捕集面 (chamber) 構成，每個捕集面內含 1 個採樣裝置，由外而內分別有：擴散式多孔蓋、Teflo 網、捕集氮氧化物或二氧化氮的濾片、Teflo 網、襯墊環、實心的襯墊、塑膠短圓桶。採樣器的構造說明如 (圖 1) 所示 (Ogawa sampler 說明書)⁽⁹¹⁾。

三、 擴散型被動式採樣器的捕集方法

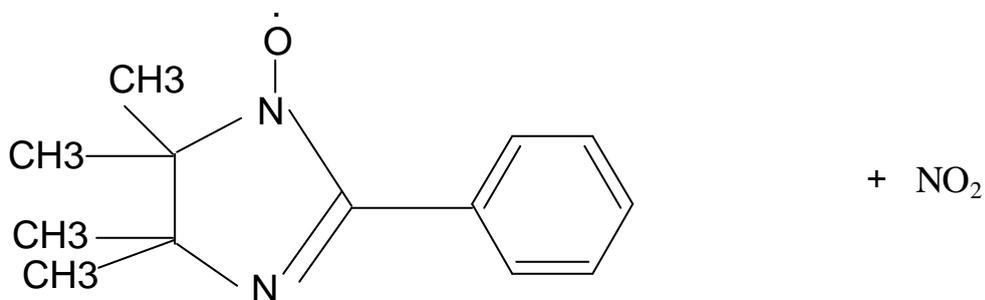
擴散型被動式採樣器 (同時測定氮氧化物及二氧化氮的採樣器) 是使用 PTIO (2-methyl-4,4,5,5-tetramethylimidazole-3-oxide-1-oxyl) 試劑捕集氮氧化物，以 TEA (triethanolamine) 試劑捕集二氧化氮。

PTIO 試劑與大氣中一氧化氮結合反應形成二氧化氮，將一氧化氮與二氧化氮相加可得到氮氧化物的量 ($\text{NO} + \text{NO}_2 = \text{NO}_x$)，再從中扣除捕集面的二氧化氮量即可得到一氧化氮量。PTIO 試劑的反應式詳見下列【1】【2】^(59,61)。

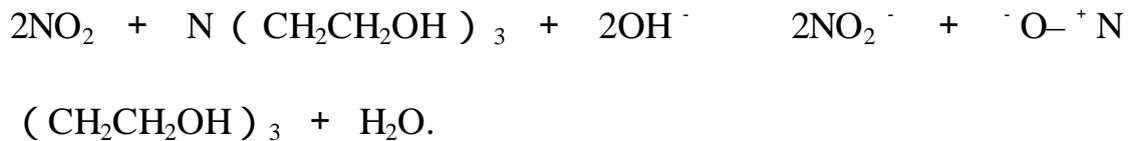
【1】 PTIO



【2】 PTIO



TEA 試劑與大氣中的二氧化氮反應後可形成亞硝酸鈉離子，將 TEA 捕集片溶於水中萃取後加入呈色試劑，以可見光/紫外光分光光度計測出吸光度，再經轉換係數計算，即可得知二氧化氮的量。TEA 試劑反應式如下列所示^(26,77,84,92)：



四、 擴散型被動式採樣器的優點^(6-9,17-20,59-66)

多位研究者指出其使用簡便，並且可同時測量觀察任何地區。而便利性佳的另一優點是採樣前後不需校正採樣器的流速，只需準確記錄採樣時間。且花費低廉，被動式採樣器是利用自然的物理現象，不需藉助機械動力，因此可減少採樣器設備費，也可以省略校正及維修採樣器的麻煩。因成本低，採集容易，故適合做大量的流行病學調查研究之採樣。而利用濾片裝置的被動式採樣器，可減少樣品分析時脫附的誤差。由於體積輕小，較不妨礙配戴者的活動，所以適合用於採集個人的環境暴露量。

此外，研究報告顯示由於 Ogawa sampler 具有 2 個捕集面的特性，因此在使用時可同時各別採集 NO、NO_x。而製作完成的採樣吸片於暗色瓶之密封狀態下可儲存 30 天之久。

第五節 空氣污染與地理資訊系統的應用

一、 地理資訊系統之簡介^(47,71)

地理資訊系統 (Geographic Information Systems , GIS) 是個整合性的系統，以電腦為基礎，結合遙測、全球衛星定位系統 (Global Positioning System , GPS) 自動繪圖系統、地理統計學及資料庫等，進行空間資料的建立、存取、管理、分析與展示，並可對不同的決策環境及目的做多面性的應用，如：污染防治、資源保育、交通運輸、地質探勘等。

常見的執行地理資訊系統的電腦軟體有 ERSI (Environmental System Research Institute) 公司的 ARC/INFO 和 ArcView ， Genasys 公司的 Genamap 與 MapInfo 公司的 MapInfo 等產品。

二、 地理資訊系統軟體 - ArcView

美國 ESRI 公司所研發的 ArcView 桌上型地理資訊系統，不僅能建立地圖與屬性的資料，並可整合數值地圖 和 CAD 圖檔，及掃描影像、遙測資料，進行資料展示、查詢及統計分析等功能。

ArcView 具有易學易用的使用者介面、良好的圖資展示及編輯工具等特點，也可透過內建的 Avenue 程式語言，自行設計 GIS 分析功能，增強其可用性。

三、 空間推估法之簡介^(22,72,73,74)

(一) 距離反比法 (Inverse Distance Weighted , IDW)

屬於移動平均法，其推估的數值不超過原來數值之範圍，此法假設每一輸入點有一個影響範圍，隨著距離增加影響則遞減，而其缺點為兩個或兩個以上的觀測站很近時，會造成錯誤之訊息。

（二）克力金法（Kriging Interpolation Method）

此法發展之初是用於空間推估或插值，即由空間已知觀測點做推估基礎，以統計模式對鄰近未知點求出最佳線性不偏推估，其對雨量站之設置具良好效果，而其計算變異圖模式的過程複雜是其缺點。

（三）方栓法（Spline）

又稱雲形線法，為電腦輔助設計系統中常用之面插值法，由於推估過程資料點附近推估值之斜率可能產生劇烈變化，使結果高估或低估，故適合應用於資料類型為變化緩和者，並且可快速推估出較少之資料點（ < 300 ）的平面。

（四）趨勢面分析法（Trend Surface Analysis）

可利用已知資料點，經多項式迴歸配合最小平方法，推估觀測值的平均趨勢，此法雖可提供全區域分佈的資訊，但卻忽略了區域的變異性，對多項式之外推具敏銳的變異，因此近年來不使用於推估的最終結果。

四、 利用地理資訊系統之相關研究

王瑜珮(1998)⁽⁷⁹⁾利用地理資訊系統，評估空氣中懸浮微粒及臭氧對中部地區 65 歲老人的健康危害性，研究分析結果顯示，透過地理聚集後的時空分析，其空氣中懸浮微粒及臭氧濃度與呼吸道疾病死亡率具顯著相關性。黃文政(1997)⁽⁷⁶⁾以克力金法結合空氣品質監測站之數值，推估二氧化硫與二氧化氮在中部地區之空間分佈，研究發現，此推估方法於空氣品質監測的分析具適用性。

林界宏(1998)⁽⁷⁵⁾藉地理資訊系統，進行高臭氧事件日的濃度分佈之因素及其前驅污染物之傳輸路徑調查，並應用克力金法，探討與選擇合適的空氣品質監測站之位址設置，其結果顯示，此系統不僅可有效管理具空間分佈特性的資料，亦可經整合分析與模擬，清楚和澄清空氣污染物的傳輸、擴散與濃度分佈及其成因。

曾宇代(1999)⁽⁷²⁾利用地理資訊系統，瞭解中部地區高臭氧事件日中其濃度的空間分佈情形，並探討空間推估法之適用性，研究發現，建議採用規律性方栓法（權重值 0.5）或趨勢面分析法（多項式階數為 2）的適用性較佳。

第參章 研究方法與材料

第一節 研究對象

研究樣本共分為實驗組與對照組兩組樣本族群，以台中縣沙鹿沿海靠近火力發電廠區域約 5-8 公里的三所國中 - 龍井國中、大道國中、沙鹿國中為實驗組，遠離火力發電廠地區約 18 公里且靠近山區的國中 - 神岡國中為對照組，並選取一處環保署空氣品質定點監測站（沙鹿站） - 沙鹿的文光國小做為環境監測濃度的比對，各採樣點位置如（圖 2）所示。而各國中每季每次隨機選取 12 位學生，共計每次有 48 位學生參與進行個人暴露 居家室內和居家的室外環境採樣。

第二節 研究時間

本研究於 1999 年 10 月 2000 年 9 月進行採樣，採樣時間為下午 5 點 30 分起至隔天下午 5 點 29 分止，共 24 小時連續收集，四所國中均為同時間採樣，以減少時間的差異，總計每次至少採集樣品數 166 組，並同時進行問卷調查。

第三節 研究方法

本研究方法分為 3 部分，第 1 部份是根據文獻回顧之第三節國外的研究報告顯示，對於大面積之區域或個人、家庭之相關研究，其空氣品質監測數值多半是使用被動式採樣器採集之。因此本研究亦使用被動式採樣器（Ogawa sampler）採集實驗組與對照組之環境定點及學生們的氮氧化物、二氧化氮、一氧化氮濃度。第 2 部份是與空氣品質監測站之監測數據以平行比對方式，了解使用被動式採樣器採集空氣污染物濃度之可信度。第 3 部份是將已採集的居家室外之二氧化氮濃度結合地理資訊系統，觀察其濃度散佈情況。各部份之採樣方式分述如下：

一、各區受測者及各區環境定點之採樣方式

1. 給予每位學生 3 個被動式採樣器，採集氮氧化物、二氧化氮的個人暴露（配戴在衣領處）及居家室內（置於寢室或客廳）室外（置於陽台或窗邊）的濃度。
2. 給予學生一人一份的「空氣污染物之居家環境與每日活動調查表」問卷，以便瞭解其暴露狀況。
3. 以季節為區別，共計有 4 次採樣，平均每季採樣 1 次，故每所學

校重複 4 次採樣，而每次參與採樣的對象學生均不同。

4. 各國中校園內各放 2 個定點環境及 1 個空白樣本的被動式採樣器，以採集各校園內的環境濃度。

二、空氣品質監測站與被動式採樣器平行比對的位置及採樣方式

1. 環保署空氣品質監測站（沙鹿站）設置於沙鹿之文光國小，其監測的項目有 NO₂、CO、O₃、風向、溫度、雨量等，監測站的總高度為 10.14 公尺，採樣口高度為 11.74 公尺，主要道路的最近距離為 150 公尺，周圍建築物之平均高度為 20.09 公尺⁽⁸⁹⁾。
2. 空氣品質監測站採集 NO_x 的主要儀器以紫外線螢光法為測定原理，可測之濃度範圍為 0-500 ppb，最小檢出度為 1ppb，雜訊是 1ppb，而 1% 為準確度之失誤率，以直讀式為 NO_x 濃度之顯示方式，其反應時間在 2 分鐘可達到 95%⁽⁹⁰⁾。
3. 由於被動式採樣器之捕集面是直接暴露於大氣中採集氣體，雖然外層有擴散式多孔蓋保護，但若是風速太大時仍可影響捕集量，此外，風向、陽光照射等氣象因素也可干擾欲捕集的二氧化氮濃度，為減少及避免氣候的影響，因此將被動式採樣器分為有掛防風罩（11 cm × 7.5）及未掛防風罩兩組。

4. 在環保署設置的空氣品質定點監測站於每次一併放置 3 個被動式採樣器，進行被動式採樣器的性能比對。
5. 有掛防風罩及未掛防風罩之採樣器均置放於遮陽板之下，連續採集 5 天的環境濃度，並且每天更換 1 次採樣器，每次採樣時間為 24 小時。目的為調查兩組之間所捕集的環境濃度之差異性。

三、地理資訊系統之採樣方式

1. 樣品於實驗室分析完成後，親自到每位參與者住家處，以衛星定位儀進行衛星定位之工作。
2. 以 Microsoft Excel 2000 將衛星定位之資料存檔、彙整。
3. 將衛星定位之資料結合地理資訊系統之 ArcView 電腦軟體，完成各區之環境濃度散佈圖。

第四節 材料

一、藥品

1. 二氧化氮吸收液：triethanolamine (TEA) (特級 , Tedia company , U.S.A)
2. 氮氧化物吸收液：
2-phenyl-4,4,5,5-tetramethylimidazoline-3-oxide-1-oxyl (PTIO)
(東京化工 , Japan)
3. sulfanilamide (特級 , Janssen Chimica)
4. N-(1-naphthyl)ethylene diamine (Acros Organics)
5. NaNO_2 (Janssen Chimica)
6. 去離子水 (D.I Water 電阻達 $18 \text{ M}\Omega\text{cm}$ 以上)
7. 丙酮：Acetone (特級 , Tedia company , U.S.A)
8. 磷酸：Phosphoric Acid 85 % (特級 , Tedia company , U.S.A)

二、實驗器具

1. cellous 纖維濾紙 (東洋 No.50 , Japan)

2. 被動式採樣器 (Ogawa sampler , Osaka , Japan)
3. 共栓試管 (Pyrex , 15mm×110mm)
4. 定量瓶 (Fortuna , Germany ; Sibata , Japan) :
50 ml、 100 ml、 200 ml、 500 ml、 1000 ml
5. 微量注射針 (Hamilton , U.S.A) : 100 μ l、 250 μ l
6. 定量管 (Sibata , Japan) :
0.5 ml、 1 ml、 2 ml、 4 ml、 6 ml、 7 ml、 8 ml、 10 ml
7. 磁石
8. 量筒 (Ming Cheng) : 50 ml、 100 ml
9. 三角椎瓶 (Chin Kuang) : 250 ml
10. 鑷子
11. 燒杯 : 250 ml
12. 11 mm 切割器
13. 防風罩 (11 cm × 7.5)

三、 儀器設備

1. 微量電子天平 (ER182A , Tokyo , Japan)
2. 超音波震盪器 (Branson 8200 , U.S.A)

3. 震盪器 (Yamato Model SA-31 , Tokyo , Japan)
4. 磁石攪拌器 (Corning Model PC-320 , U.S.A)
5. 分光光度計 (Shimadzu UV160A , Japan)
6. 操作箱
7. 衛星定位儀 (GPS 12XL , Taiwan)

第五節 實驗方法

一、採樣前的準備

(一) 濾紙的前處理

1. 將 cellous 纖維濾片 (東洋 No.50) 以 11 mm 切割器切成 11 mm 的濾片，並置於 D.I Water (電阻達 18 M Ω /cm 以上) 加熱到 50-60 約 30 分鐘，重複 2 次處理。
2. 將清洗完成的濾片放入操作箱中，以氮氣烘乾濾片，並避免污染濾片。
3. 將乾燥完成的濾片，用鑷子夾入容器內，使用石臘膜將管口密封。

(二) 氮氧化物，二氧化氮捕集片及捕集試液之製作

1. 捕集試液之製作

- (1) 取 triethanolamine 10ml 溶於丙酮 100 ml, 成為二氧化氮吸收液。
- (2) 秤取 PTIO 1.5 g 溶於二氧化氮吸收液 50 ml 中，即為氮氧化物吸收液。

2. 捕集片之製作

- (1) 於操作箱中將置入容器內並密封的濾片，打開容器以鑷子夾出濾片。
- (2) 使用微量注射針，在濾片上各滴入氮氧化物吸收液、二氧化氮吸收液各 50 μ l。
- (3) 以氮氣烘乾濾片，並於操作箱中以鑷子將濾片夾入被動式採樣器內，放置於 Teflon 網上，而一個採樣器中分別裝有含氮氧化物、二氧化氮吸收液的濾片，最後將採樣器放入暗色塑膠瓶中，密封，待採樣時再打開。

二、採樣後之實驗室分析

(一) 呈色試劑的調製

1. 秤取 sulfanilamide 80 g, 並溶於磷酸 200 ml 和水約 700 ml 混合, 再加水至 1000 ml, 放置於冷暗處下保存, 此為 sulfanil 溶液。
2. 秤取 N-(1-naphthyl)ethylene diamine 0.56 g, 並溶於 100 ml 的水中, 放置於冷暗處下保存, 此為 NEDA 溶液。
3. 將 sulfanil 溶液與 NEDA 溶液以 10 : 1 溶液體積混合, 成為呈色試劑。

(二) 分析操作

以鑷子夾出含氮氧化物、二氧化氮吸收液的濾片, 各放入已裝有 8ml 去離子水的共栓試管中。

共栓試管放置於振盪器, 進行 30 分鐘的萃取。

待共栓試管中濾片上的吸收液完全萃取出後, 放入冰箱冷藏 20-30 分鐘。

每個共栓試管均添加 2 ml 的呈色試劑, 並快速攪拌混合均勻。

放入冰箱冷藏 20-30 分。

移至室溫, 使用分光光度計, 以波長 545 nm 之最大吸收波長, 測量吸光度。

三、 分析後的濃度計算

以 PTIO 及 TEA 試劑所捕集的氮氧化物及二氧化氮量 (ng) (WNO_x 、 WNO_2) 均藉由吸光度、檢量線斜率與體積所求出，再經轉換係數 (aNO 、 aNO_2) 計算出一氧化氮、二氧化氮及氮氧化物的濃度，計算式敘述如下^(59,91)：

$$WNO_x = \frac{SABNO_x - BABNO_x}{S} \times V$$

$$NO(ppb) = \frac{aNO(WNO_x - WNO_2)}{t}$$

$$NO_2(ppb) = \frac{aNO_2(WNO_2)}{t}$$

$$NO_x (ppb) = NO_2 + NO$$

WNO_x 、 WNO_2 ： NO_x 及 NO_2 捕集片之各 NO_2 量 (ng)

$SABNO_x$ ：吸光度； $BABNO_x$ ：空白值

S ：斜率

V ：萃取出體積

aNO 、 aNO_2 ：濃度轉換係數 (ppb×min/ng)；註：假設溫度 20℃，相對濕度 70% 時，則 $aNO = 60$ ， $aNO_2 = 56$

t ：採樣時間

第六節 採樣的注意事項

一、採樣對象

1. 每位學生會有 3 個被動式採樣器。
2. 第 1 個被動式採樣器為測個人暴露，需掛在學生的衣領，即呼吸帶 30 公分內。
3. 第 2 個被動式採樣器為測室內暴露，需掛在學生家中的客廳或寢室內。
4. 第 3 個被動式採樣器為測室外暴露，需掛在學生家裡的陽台或窗戶邊。
5. 室內及室外懸掛被動式採樣器必須距離地面 1-2 公尺。
6. 懸掛室外的被動式採樣器必須避免照到陽光及淋到雨水或露水，及避免直接面向風向處（如：電風扇或冷氣的直吹風向處）。

二、被動式採樣器的運送與保存

1. 在操作箱中，將組裝好的被動式採樣器放入充滿氮氣的塑膠袋內密封，每一個採樣器均貼上已標示明確的標籤。

2. 再放入暗色的塑膠瓶並密封，避免空氣中物質進入。
3. 採樣完，再將被動式採樣器放入塑膠袋中，再放入暗色塑膠瓶密封，放入紙箱封好，送回實驗室。
4. 標示日期、採樣地點、採樣人員、採樣器數目，待進行分析。

三、採樣所需物品清單

1. 每個學校有被動式採樣器（含濾片）40 個，包含：
 - （1）12 位學生 × 3 個被動式採樣器 = 36 個
 - （2）定點：測學校環境 2 個；空白 1 個；示範 1 個
2. 每位學生 1 份問卷，即居家環境調查表，及 1 份採樣記錄表

第七節 實驗室分析的品質管制 (QA/QC)

一、 檢量線的建立

檢量線濃度範圍需涵蓋所有樣品濃度，而檢量線的線性相關係數 (r 值) 需大於 0.995 以上，本檢量線的濃度範圍為 0 - 1.0 $\mu\text{g/ml}$ ，檢量線的配製以微量天平秤取 0.75 g NaNO_2 ，並溶於 500 ml 的去離子水中，此為標準品儲備溶液 (Stock Solution) 1000 $\mu\text{g/ml}$ ，再以去離子水將標準品儲備溶液做 100 倍稀釋，此為標準品儲備溶液 1 (Stock Solution 1) 10 $\mu\text{g/ml}$ ，使用定量管取標準品儲備溶液 1 進行系列稀釋，再各取不同濃度的 Nitrite 標準溶液 8 ml 及加入呈色試劑 2 ml，以分光光度計測量吸光度，建立檢量線範圍。詳細步驟如下：

標準品儲備溶液 (Stock Solution) 1000 $\mu\text{g/ml}$: 0.75 g NaNO_2 溶於 500 ml 的去離子水中

標準品儲備溶液 1 (Stock Solution 1) 10 $\mu\text{g/ml}$: 將標準品儲備溶液 100 倍稀釋

從標準品儲備溶液各別取 0、1、2、4、6、8、10 ml 並以去離子水加至 100 ml，配成 7 點不同濃度的 Nitrite (0、0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1 $\mu\text{g/ml}$) 標準溶液。

取 stock 0~6 各 8 ml 於共栓試管中，並各加入呈色試劑 2 ml。

將 stock 0~6 的共栓試管置入冰箱冷藏 20-30 分鐘。

取出待室溫後，使用分光光度計，分析其吸光度，建立檢量線濃度範圍。

二、 再現性分析

分析方法的可信度，可經由重複分析證明，本實驗各取低、中、高 (0.1、0.4、0.8 $\mu\text{g/ml}$) 3 個不同濃度的 Nitrite 標準溶液，以分光光度計重複 7 次測量其吸光度。

三、 最低偵測濃度

為瞭解分光光度計能夠最低偵測到氮氧化物濃度的最小範圍，本實驗取檢量線最低濃度 0.1 $\mu\text{g/ml}$ Nitrite 標準溶液，進行系列稀釋：
0.1 0.05 0.025 0.0125 0.00625 $\mu\text{g/ml}$ ，再以分光光度計測吸光度。

四、 多樣品長時間的穩定性分析

為避免實驗過程中，儀器產生偏差，影響數值正確性，因此在進行樣品分析時，每隔 12 個樣品，即做 1 次標準品的吸光度分析，此目的為確保樣品分析期間，能有良好的穩定性。

第八節 問卷調查

問卷（附錄一）目的在於樣品分析濃度後，可瞭解影響每位學生的氮氧化物、二氧化氮暴露濃度高低之原因。其內容包括個人基本資料：姓名、住址就讀的學校等，及住宅位置、住家與道路的距離、家人抽菸情形和家中通風情形、廚房使用的烹調設備等，與學生在每一段時間的活動類別及停留的位置時數。

第九節 統計的分析

實驗室數據以 Microsoft Excel 2000 電腦軟體進行彙整及計算，問卷調查內容是以 Microsoft Access 2000 建立問卷資料庫，並將兩者資料整合為同一資料庫，而問卷填答不全及分析品管限制者均歸為統計缺失資料(missing data)。數據統計分析是使用 SPSS 8.0 for Windows 統計應用軟體與 Microsoft Excel 2000，其分析方法包括描述性統計、變異數分析、線性迴歸分析及圓餅圖、箱型圖、直條圖之數據呈現。

第肆章 研究結果

第一節 實驗室之品質管制結果

為了準確分析採樣之樣品及了解分析儀器之可信度，故於樣品分析前在實驗室內建立其分析方法，內容包括：檢量線範圍、再現性分析、最低偵測濃度、穩定性分析及樣品品質管制，結果分述如下：

一、標準溶液之檢量線

本實驗的標準溶液檢量線配製，於每次樣品分析前均配製 7 點檢量線濃度，同時以分光光度計測量吸光度，其檢量線線性相關係數（ r 值）均在 0.9998 以上（圖 3），相關性佳，其相對預測偏差值（RPD）均小於 7%，故可準確分析實際樣品。

二、分析方法之再現性

經由重複的分析能確認儀器分析的可信度，故本研究選擇低、中、高（0.1、0.4、0.8 $\mu\text{g/ml}$ ）三種不同濃度的 Nitrite 溶液分析其再現性，分析結果發現變異係數皆小於 5%（表 1），由此得知，本實驗所使用的可見光/紫外線分光光度計有相當良好的準確度。

三、 最低偵測濃度

經加入呈色試劑，以分光光度計檢測標準品的 Nitrite 濃度，其實驗結果顯示，儀器的最低偵測極限範圍為 $0.00625 \mu\text{g/ml}$ (圖 4)。

四、 長時間分析之穩定性

本研究每次採集樣品數至少為 166 組，儀器分析時間總計約需 4 小時，為確保樣品分析期間有良好的穩定性，在每分析 12 個樣品後，立即分析一次已知濃度標準品的吸光度分析，經過標準品的多次測定，其結果顯示，變異係數皆小於 5 %，故可達到實驗品管之要求。

五、 樣本之品質管制

已製作完成的被動式採樣器皆於一個月內完成採樣工作，而所有樣品全部於採樣完成後的一週內完成實驗分析，分析過程中發現密封瓶有破裂及採樣器未密封完全者，其實驗數據即不予採用。此外，在進行樣品分析時，每個樣品吸光度皆連續測 3 次，並計算其平均值，以確保其信度。

第二節 空氣品質監測站與被動式採樣器平行比對數據

本研究為了解被動式採樣器的性能及利用其所捕集的濃度數據是否具良好解釋性，故於環保署的空氣品質監測站並配合採樣時間放置採樣器做 24 小時的平行比對工作，結果詳述如下：

一、 被動式採樣器與空氣品質監測站之平行比對數據

於環保署的空氣品質監測站亦放置採樣器同步採樣連續 5 天，而考慮氣象條件之影響，採樣器分成有掛防風罩及未掛有防風罩兩組，其平行比對的測量結果顯示（圖 5-7）兩者之間的相關係數於有掛防風罩者分別為 0.9736 (NO_x)、0.9890 (NO_2)、0.9642 (NO)，未掛有防風罩者分別為 0.9261 (NO_x)、0.8928 (NO_2)、0.8158 (NO)，故以有掛防風罩之被動式採樣器捕集氮氧化物及二氧化氮濃度是具有較佳的相關性，而其判定係數為 0.9479 (NO_x)、0.9782 (NO_2)、0.9297 (NO)，因此本研究所使用的採樣器是具有良好的解釋性能。

第三節 受測者之氮氧化物、二氧化氮、一氧化氮的濃度值

本研究利用被動式採樣器對台中縣龍井、大道、沙鹿、神岡國中之學生進行個人暴露、居家室內及居家室外環境的採樣，其次為了瞭解四所國中校園內的環境濃度，於進行學生個人採樣的同時，也採集環境濃度，並經由實驗室分析採集的氮氧化物、二氧化氮濃度，茲分列數項敘述實驗分析結果如下：

一、 各區環境定點採樣數值之結果

四所國中校園內環境的濃度，其結果分析顯示各國中於各季 1、3、5、7 月的某一天其環境二氧化氮之平均濃度值分別為：龍井國中是 45.49 ppb、77.5 ppb、43 ppb、22.7 ppb，大道國中為 51.15 ppb、62.25 ppb、38.95 ppb、30.85 ppb，沙鹿國中則為 43.94 ppb、35.25 ppb、28.95 ppb、28.05 ppb，對照組神岡國中是 32.70 ppb、37 ppb、29.8 ppb、28.2 ppb，由上述得知 1、3、5 月份的環境濃度以龍井國中及大道國中之濃度較高，7 月份則是以大道國中有濃度高的表現，而對照組神岡國中之濃度雖有低於其他三所國中，但差異並不大（表 2，圖 8~11）。

二、 國中學生之個人暴露、居家室內及居家室外的氮氧化物濃度值

全部的四次採樣中，全部學生的氮氧化物之中位數濃度值於個人暴露的氮氧化物、二氧化氮、一氧化氮濃度值分別是：55.61ppb、31.81ppb、22.4ppb，居家室內濃度值則為 55.36ppb、39ppb、19.5ppb，而居家室外濃度值是 51.81ppb、37.1ppb、17ppb(表 3)。由此可看出，個人暴露的氮氧化物與一氧化氮濃度值高於其他兩項，二氧化氮濃度以居家室內項目呈現較高之結果。

三、 各區各季之個人暴露、居家室內及居家室外的二氧化氮濃度值

由表 4 及圖 12-16 顯示，各區受測者在各季(1、3、5、7月之某一天)二氧化氮濃度值的比較，其 1 月份個人暴露之差異不大，室內之比較以神岡國中學生最高(52.59 ppb)，室外則以龍井國中學生為最高(56.41 ppb)，3 及 5 月份其個人、室內、室外之比較以龍井(50.96、60.38、59.83 ppb；57.13、56.13、50.9 ppb)和大道國中學生(51.98、54.34、63.13 ppb；43.96、43.38、44.68 ppb)呈現較高的結果，而 7 月份則是大道國中學生於個人、室內、室外有較高的表現(30.08、38.06、35.9 ppb)。

四、 各區學生之個人暴露、居家室內及居家室外的二氧化氮濃度值

從表 5.1~5.3 得知，二氧化氮之平均濃度值由高到低依序為：在個人暴露方面是大道國中（41.97 ppb）龍井國中（39.83 ppb）神岡國中（31.97 ppb）沙鹿國中（28.95 ppb），室內則是大道國中（44.39 ppb）龍井國中（42.49 ppb）神岡國中（39.47 ppb）沙鹿國中（33.76 ppb），而以大道國中（48.18 ppb）龍井國中（47.13 ppb）神岡國中（34.57 ppb）沙鹿國中（33.81 ppb）為室外平均濃度值的高低排序，故三個項目上其平均濃度以大道國中和龍井國中之受測者有較高之表現。而由圖 17 19 可看到各區學生的個人暴露、居家室內或居家室外之二氧化氮濃度值的分佈情況，無論在個人暴露、居家室內或居家室外之項目，均以龍井及大道國中有較高濃度值之呈現。

綜之，四所國中受測者之二氧化氮濃度值的比較，雖有高低之別，但並無特別高濃度值的產生，而沙鹿國中學生在個人暴露、居家室內及居家室外環境，其二氧化氮平均濃度值有較低之趨勢。至於對照組神岡國中二氧化氮濃度值，並沒有比其他地區低，且差異不明顯，推究其可能原因為神岡國中位於神岡鄉人口及交通密集之區域，其附近道路為神岡鄉通往其他鄉鎮的主要道路，因此有較多的汽機車之移動性污染源排放，故無法呈現與其他地區較大之差異。

五、 各區抽菸家庭與非抽菸家庭室內之二氧化氮濃度值

對於各區國中學生之問卷調查，將學生家庭中只要有一人及一人以上有抽菸並經常於家中抽菸者，歸類為“抽菸家庭”，其餘則為“非抽菸家庭”。

比較上述之分類的各所國中學生室內二氧化氮之平均濃度值，從表 6 及圖 20，可看到抽菸家庭之二氧化氮濃度平均值介於 36.82-44.73 ppb，非抽菸家庭則為 31.92-44.91 ppb 之間。

由分類結果得知，抽菸與非抽菸家庭其濃度值沒有顯著差異，探究其原因有四點：第一、由於氮氧化物採樣及問卷調查之對象為國中學生，對於家中的抽菸人數、抽菸時間與採樣時間之關係不易清楚的量化及推估；第二、雖然採樣前，將採樣器與問卷調查發給每位學生，並加以詳細說明使每位學生了解，但是學生對於問卷之填寫，常會因個人之配合度較難以明確，甚至有所遺漏；第三、調查之區域為沿海地區，其居住結構都較以開放式鋼筋水泥結構，室內和室外的換氣率良好；第四、由此可知，影響室內二氧化氮濃度除了抽菸與否外，尚有其他因素（如：室內通風狀況或是烹調能源的使用種類等）。

第四節 問卷調查之統計結果及模式推估

由第三節之結果分析得知，氮氧化物、二氧化氮濃度以個人暴露及居家室內項目為最高，因此，下列各小節以統計方法分析其個人暴露、居家室內及居家室外環境之相關性，再根據結果並配合問卷調查推估其可能的影響因子。

一、個人暴露-室內，個人暴露-室外，室內-室外之濃度值關係

以迴歸分析個人暴露(PNO_2)與居家室內二氧化氮濃度值(INO_2 , ONO_2)之相關，分析結果發現有明顯的正相關($r = 0.621$)，其方程式為 $PNO_2 = 9.237 + 0.661 [INO_2]$ ， $p < 0.01$ (表 7)。而個人暴露與居家室外，居家室內與居家室外二氧化氮濃度值其相關係數(r 值)分別是 0.361, 0.438。

從個人暴露與居家室外氮氧化物、二氧化氮濃度值之迴歸分析發現，其僅具有 19.1 % 及 13.1 % 的統計解釋性(r^2 值)(表 8)，但仍可達統計上顯著意義($p < 0.01$)。而居家室內與室外氮氧化物、二氧化氮濃度值之相關，其判定係數為 0.251(表 9) 根據上面各項結果，分別比較個人暴露與居家室內及居家室外三個項目之間的統計相關

性，以個人暴露-居家室內項目具較佳之統計解釋性(NO_x : $r^2 = 0.594$, NO_2 : $r^2 = 0.386$) 並且其相關性 ($r = 0.621$) 較其他項目佳。

綜合上述，影響個人暴露的濃度值之主要因素為居家室內環境濃度值之高低。至於個人暴露受室外環境影響小，根據問卷調查是因為受測者待在室內時間較室外時間多之故。因此本研究藉由各種統計分析方法，將問卷中影響居家室內濃度之可能影響因素項目做下列的個別的探討，分述如下：

二、 居家能源使用之種類

問卷調查結果發現，居家能源的使用有 98 % 的家庭 (圖 21) 是以瓦斯為主要烹調燃料來源，而使用天然瓦斯或桶裝瓦斯以及電爐烹調，其室內二氧化氮的濃度分別以中位數表示：28.7 ppb、39.1 ppb、64.85 ppb，由於僅有兩個家庭使用電爐烹調，故其濃度呈現僅以描述性統計敘述，未與使用瓦斯烹調者其室內二氧化氮濃度做比較。將燃料來源種類與排油煙機的使用，予以使用樞紐分析 (Pivot analysis) (表 10)，發現在使用電、天然氣或桶裝瓦斯方面，分別有 100 %、94.74 % 及 88.17 % 於烹調時有使用排油煙機。而有烹調的家庭中使

用排油煙機的平均時數為 72.15 分鐘。

根據其發現，將有關居家能源使用的情形、抽菸，予以分類，與個人暴露、居家室內及居家室外二氧化氮濃度值作多變項分析 (ANOVA test)，其結果由表 11 可看出，室內的二氧化氮濃度與抽菸、烹調能源的種類呈顯著性差異 ($p = 0.023$, $p = 0.042$)。進一步用迴歸分析其使用桶裝瓦斯和室內濃度之關係，其判定係數為 0.043 ($p < 0.05$) 有顯著之意義 (表 12)。

居家環境內，其洗澡時熱水器能源的選擇，有 11.9 % 和 63.1 % 是使用天然氣與桶裝瓦斯，其餘則使用電、太陽能及木頭燃燒方式，而浴室通風狀況顯示，於洗澡時有 70.3 %，其浴室的窗戶是呈現微開至全開的狀態 (圖 22-23)，以迴歸分析 (Regression analysis) 洗澡時浴室通風情形及熱水器能源種類與室內二氧化氮值的相關，其結果皆沒有顯著的相關 ($p = 0.894$)。

從上述結果得知，本研究調查之烹調能源種類使用，大半以瓦斯烹調為主要來源，和文獻中 (C. Monn 等, 1998⁽⁶⁾; Kiyoun Lee 等, 1998⁽¹⁷⁾) 所指的以瓦斯爐及電爐為主的情形有所不同。而烹調能源種類與抽菸與否和居家室內濃度值均有明顯相關性，此與文獻中多位

學者專家 (C. Monn 等 , 1998⁽⁶⁾ ; M.H. Garrett 等 , 1999⁽²⁴⁾ ; Renata 等 , 1999⁽³⁵⁾ ; Wonho Yang 等 , 2000⁽¹⁸⁾) 之研究發現雷同。而熱水器能源使用與室內濃度無顯著相關 , 可能原因是為避免一氧化碳中毒 , 所以家庭內的熱水器能源多設置於室外之故。

三、 居家室內之污染來源及居家室內之時間、通風狀況、活動類別

(一) 居家室內之污染來源及居家室內之時間、通風狀況、活動類別之描述性統計

將家中污染來源分成五類 , 其有效百分比個別為 : 屋內有燒香的 7.7 % , 使用蚊香者 7.7 % , 於室外燒香的 3.3 % , 其他來源 (空氣清靜機等的使用) 4.4 % , 其餘 77 % 皆沒有上述之情形 (圖 24)。

在 183 份有效的每日活動紀錄表中 , 發現受測者有 82.6 % 的時間是待在室內 , 其最常做的活動類別依序為看電視 (19.1 %) 、睡覺 (15.3 %) 、上課中 (15.1 %) 、看書 (14.1 %) 、補習班上課 (8.5 %) 。至於居家之通風情況 , 由調查結果得知室內有 42.6 % 呈現窗戶半開至全開 , 20.3 % 有使用空調系統及電風扇 , 19.4 % 是未開窗狀態。

由描述性統計結果發現，待在室內之時間與森忠司等（1986）⁽⁸²⁾及 C. Monn 等（1998）⁽⁶⁾ 研究結果是相一致的，即人們大多數的時間是位於室內環境。

（二）居家室內之污染來源及居家室內通風狀況、活動類別之卡方檢定分析

為進一步了解污染源、活動類別、通風之間的關連性，以卡方檢定分析（Chi-Square test）室內通風狀況（開窗戶、使用空調）與活動類別（室內靜態活動、室內動態活動）及居家污染源（屋內燒香、屋外燒香、使用蚊香）之各別相關性，結果顯示，開窗戶與否的通風狀況與室內靜態活動類別，及有無使用空調與室內動態活動類別，其 Person 卡方值分別為 153.607，4.914，p 值 = 0.000，0.027，< 0.01、0.05，故室內通風狀況與活動類別是具有統計上顯著相關（表 13）。

而室內污染源項目中屋內燒香、使用蚊香與有無使用空調的通風狀況其 p 值分別小於 0.05、0.01（p = 0.022，0.000；Person 卡方值 = 5.259，12.350）可達到統計上顯著意義，且兩者之間有相關（表 14）。根據上述分析結果將居家污染源（屋內燒香、屋外燒香、使用蚊香）

與活動類別（室內靜態活動、室內動態活動）經卡方檢定分析發現屋內燒香、使用蚊香與室內靜態活動是具統計上顯著相關（ $p = 0.000$ ， 0.000 ）（表 15）。

綜合卡方檢定分析結果得知，室內通風狀況與活動類別及污染來源此三個項目之間是具有關連性，故欲研究影響二氧化氮濃度之因素，其室內通風狀況與活動類別為何及污染來源亦不容忽視。

（三）居家室內之污染來源及居家室內通風狀況、活動類別之複迴歸分析

經由卡方檢定分析發現室內通風狀況與活動類別為何及室內污染來源與室內二氧化氮濃度具統計上顯著意義。因此各別以統計方法之複迴歸分析（Multiple regression analysis）與室內二氧化氮濃度之相關性，統計分析結果分述如下：家中污染來源項目中屋內燒香與室外燒香二者與室內二氧化氮濃度值相關性為 0.143 （ r 值）， $p < 0.000$ ，可達到統計上的顯著水準（表 16）。而活動類別項目分析結果顯示與居家室內之二氧化氮濃度相關係數（ r 值）是 0.055 ，而其中以待在室內的靜態活動項目可達到統計上顯著意義（ $p=0.002$ ）（表 17）。

予以室內通風情況分類後經複迴歸分析，其相關性為 0.159 (r 值)，並發現有開窗戶與否及是否使用空調兩個項目與室內二氧化氮濃度值其 p 值分別為 0.028，0.000，均小於 0.05 及 0.01，具統計上顯著意義 (表 18)。

綜觀，在室內污染源、通風情形及活動類別皆與室內二氧化氮濃度具相關性。尤其室內污染源、通風情形與室內二氧化氮濃度相關性較大。而室內污染源可影響二氧化氮濃度，可能是因為與使用污染源之時間長短關係。

第五節 地理資訊系統之應用

一、 各區於各季的居家室外環境二氧化氮濃度值

本研究結果嘗試利用地理資訊系統之 ArcView 軟體進行模式推估，由於本研究之採樣當日其氣候穩定且變異少，故選以空間推估法之方栓法 (Spline)，呈現各區於各季之居家室外濃度散佈情形，由圖 25 29 得知各區室外的二氧化氮濃度值分佈狀況，1 月份以龍井國中其濃度分佈較其他三所國中為高，大道國中和龍井國中則於 3 與 5 月份呈現濃度較高之分佈，而 7 月份在大道國中及神岡國中其濃度有高於其他者之表示。

二、 各季之氣象描述

從空氣品質監測站 (沙鹿站) 得知各季 (1、3、5、7 月之某一天採樣時間) 之平均風速為 1.58、1.93、1.29、1.63 m/s，平均風向為 87.68、186.63、176.95、226.33 deg。其中，平均溫度與相對濕度皆來自採樣時之現場測量，依序如下：平均溫度為 22、25、29、33，相對濕度為 66、68、78、67 %。而由空氣品質監測站 (后里站) 得知，神岡地區各季之平均風速分別是 1.43、3.97、4.77、4.28m/s，平

均風向 82.50、201.80、190.63、235.42deg，現場測量之平均溫度為 20、22、29、33，相對濕度為 56、65、78、67%。而鄰近沙鹿地區的火力發電廠，其平均風速為 3.72、3.67、3.25、2.80 m/s，風向依各季呈現趨於北或北北西之風向。

綜之，使用地理資訊系統所表現的濃度分佈圖符合研究結果之第三節所述。而 7 月份濃度範圍偏低可能是因為在颱風過後 3 天採樣造成之。此外，鄰近沙鹿地區之火力發電廠排放之空氣污染物並未能確定是為影響龍井國中、大道國中、沙鹿國中環境濃度高低之主要因素，因為二氧化氮的濃度變化除了受氣象條件影響，移動性污染源與其他固定性污染源的多寡也為影響因素之一。龍井、大肚、沙鹿、三個鄉鎮皆有主要道路橫貫，故宜再收集上述相關資料做進一步探討。

第五章 討論

第一節 實驗室之品質管制

本研究配製的檢量線線性相關係數佳 ($r > 0.9998$)，相對預測偏差值 $< 7\%$ ，再現性分析 CV 值 $< 5\%$ ，故可準確分析樣品。另由樣品長時間分析之穩定性結果顯示，因為固定於每分析 12 個樣品後即刻分析已知濃度標準品之吸光度分析，所以儀器分析時間雖約需 4 小時，然而其變異係數 (CV 值) 仍皆 $< 5\%$ ，符合實驗品管之要求。

第二節 空氣品質監測站與被動式採樣器之平行比對

由於空氣品質監測站之主要監測儀器以紫外線螢光法為測定原理，其 NO_x 濃度之顯示方式為直讀式，可測之濃度範圍為 0-500 ppb，準確度之失誤率 1%。為了解被動式採樣器是否具有如同空氣品質監測站之良好性能，故以平行比對方式研究。而平行比對之數據發現，使用有掛防風罩之被動式採樣器所採集的 NO_x 、 NO_2 、NO 濃度與空氣品質監測站之監測數值，兩者之間的各项 (NO_x 、 NO_2 、NO) 相關係數 (r 值) 均可達到 0.9642 以上，而未掛防風罩者其各

項 (NO_x、NO₂、NO) 之相關係數最高僅能達到 0.9261。故使用被動式採樣器時，有無加掛防風罩可能影響欲採集的濃度，況且防風罩之主要功能是減少及避免風向、風速之干擾，因此採樣時有使用之必要性。

此外，從有掛防風罩之採樣器的解釋性分析結果顯示與空氣品質監測站之監測數據之間其各項 (NO_x、NO₂、NO) 判定係數 (r² 值) 均為 0.9297 以上，故本研究使用之被動式採樣器具有良好之性能。

第三節 各區環境定點及受測者之濃度值

由於空氣品質監測站之監測目的是評估空氣中各種污染物濃度，並未以個人實際的暴露濃度為主。因此藉由本研究使用的被動式採樣器可知道個人的及居家室內、室外環境實際暴露濃度。從各區各季之環境定點二氧化氮濃度結果顯示，大道國中在 1、3、5、7 月份之濃度 (51.15、62.25、38.95、30.85 ppb) 均高於其他 3 所國中，其次是龍井國中於 1、3、5 月份有較高濃度之呈現 (45.49、77.5、43 ppb)。

而各區各季 (1、3、5、7 月) 之個人暴露、居家室內環境及居

家室外的二氧化氮濃度結果發現，3、5 月份以龍井國中（50.96、60.38、59.83 ppb；57.13、56.13、50.90 ppb）之受測者於 3 個項目之二氧化氮濃度較高。大道國中（51.98、54.34、63.13 ppb；43.46、43.38、44.68；30.08、38.06、35.90 ppb）則在 3、5、7 月份的 3 個項目測量結果是較高的。

綜合上述推究其原因可能為（1）此 2 所國中均鄰近主要道路，汽機車之移動性污染源排放多之故。（2）從高斯擴散模式推估鄰近的火力發電廠以排放濃度 500 ppm 作計算，發現距離火力發電廠東南東 5 km 是最大濃度落點處，而距離 20 km 之濃度落點是 0（資料來源：台中火力發電廠）。而龍井國中及大道國中距離火力發電廠分別約 5 km 及 8 km 處，雖有影響之可能性，但仍必須配合氣象條件及其他固定性污染源等因素做進一步之研究。

第四節 問卷調查結果之探討

問卷調查結果顯示，由於待在室內時間較多（82.6 %）及個人暴露與室內環境濃度之迴歸線性相關值（r 值）為 0.621，故居家室內環境濃度值是最可能造成個人暴露濃度值高低之因素。

從居家能源種類及抽菸之 ANOVA test 發現，此 2 個項目與室內環境濃度值具有統計上顯著差異 ($p = 0.023$, $p = 0.042$) 並與多位研究者^(6,18,24,35) 之研究結果雷同。而由於室內的二氧化氮濃度會影響個人暴露，因此欲減少個人二氧化氮暴露量，需先減少抽菸、烹調能源種類之污染源。

此外，由研究結果得知，室內通風狀況、室內污染來源與室內環境濃度的複迴歸分析均可達到統計之顯著意義 ($p < 0.05$)。因此，若居家環境內能注意室內通風狀況、並配合減少污染來源的使用，可以降低室內二氧化氮濃度量。

第五節 地理資訊系統之應用

利用地理資訊系統之 ArcView 軟體及空間推估之方栓法 (Spline) 繪製各區各季之居家室外環境濃度散佈情況。由濃度散佈圖可看出 1 月份以龍井國中濃度較高，3、5 月份則是龍井國中與大道國中濃度較高，7 月份則為大道國中及神岡國中濃度較高。綜合上述之可能的原因為龍井、大道、神岡國中皆有主要道路橫貫或鄰近高速公路，使得移動性污染源影響其濃度高低，其他可能原因為氣候條

件、固定性污染源、住家道路遠近距離等的影響。而從 7 月份濃度散佈圖可看到其濃度範圍明顯低於其他月份。造成此因素是由於 7 月份採樣時間是在颱風過後進行採樣之故。

第六節 研究限制

經研究分析結果發現，由於神岡國中位於神岡鄉人口及交通密集之區域，故有較多汽機車之移動性污染源之排放，因此其氮氧化物、二氧化氮之濃度值與龍井國中、大道國中、沙鹿國中未有明顯的差異性，建議未來在對照組的選擇上需注意其地理位置之特性。

第陸章 結論

第一節 結論

本研究在實驗室的品質管制結果方面顯示實驗所使用的分析儀器（可見光/紫外光分光光度計），其再現性佳（CV 值 < 5 % ），穩定性良好。至於被動式採樣器的性能，由研究結果得知經由平行比對之方法驗證，利用被動式採樣器之採樣方式，是具有良好的解釋性（ r^2 值 > 0.9297 以上）。而為避免氣象條件影響欲採集之氣體濃度，宜使用掛有防風罩之被動式採樣器捕集氣體。

從受測者之二氧化氮濃度值的研究結果得知，四所國中的二氧化氮分佈濃度在個人暴露、居家室內環境及居家室外的測量項目上，均以實驗組之大道國中、龍井國中的受測者平均濃度為最高。

由問卷調查結果顯示，室內的二氧化氮濃度與抽菸、烹調能源的種類經統計分析，是呈顯著性差異（ $p < 0.05$ ）。並發現居家室內之通風狀況、污染來源的統計分析結果顯示，均與室內二氧化氮濃度具有相關性，可達到統計上顯著意義（ $p < 0.05$ ）。

第二節 建議

由於本研究主要目的是調查居民之個人及居家室內、室外環境實際暴露濃度及影響因素。若能再收集龍井、大道、沙鹿、神岡四個地區之移動性污染源、其他固定性污染源及氣候（日照時間、雨量等）之相關資料，將有助於進一步推估影響濃度高低之因素。

本研究之問卷設計，於烹調能源種類之項目上若能加上室內通風狀況之對比項目，將更有利於探究居家室內之二氧化氮濃度。

參考文獻

1. A. I. Goren, S. Hellmann. (1997) . Has the prevalence of asthma increased in children ? Evidence from a long term study in Israel. Journal of Epidemiology and Community Health, 51 : 227-232.
2. A. J. Gair, S. A. Penkett. (1995) . The effects of wind speed and turbulence on the performance of diffusion tube samplers. Atmospheric Environment, 29 (18) 2529-2533.
3. A. Rua, E. Hernandez, J. de las Parras, I. Martin, L. Gimeno. (1998) . Sources of SO_2 , SO_4^{2-} , NO_x , and NO_3 in the air of four Spanish remote stations. Journal of the Air & Waste Management Association, 48 : 838-845.
4. B. Owen, H.A. Edmunds, D.J. Carruthers, D.W. Raper. (1999) . Use of a new Generation urban scale dispersion model to estimate the concentration of oxides of oxides of nitrogen and sulphur dioxide in a large urban area. The science of the Total Environment, 235: 277-291.
5. B. Owen, H.A. Edmunds, D.J. Carruthers, R.J. Singles. (2000) . Prediction of total oxides of nitrogen and nitrogen dioxide concentrations in a large urban area using a new generation urban scale dispersion model with integral chemistry model. Atmospheric Environment, 34, 397-406.
6. C. Monn, O. Brandli, C. Schindler, U. Ackermann-Liebrich, P.

- Leuenberger, Sapaldia Team. (1998) . Personal exposure to nitrogen dioxide in Switzerland. *The Science of the Total Environment*, 215, 243-251.
7. Catherine H Linaker, Anoop J Chauhan, Hazel M Inskip, Stephen T Holgate. (2000) . Personal exposures of children to nitrogen dioxide relative to concentrations in outdoor air. *Occupational and Environmental Medicine*, 57: 472-476.
8. Christopher Y.H., Chao, Anthony Law, Anthony Law. (2000) . A study of personal exposure to nitrogen dioxide using passive samplers. *Building and Environment*, 35, 545-553.
9. Dariusz Krochmal, Andrzej Kalina. (1997) . Measurements of nitrogen dioxide and sulphur dioxide concentrations in urban and rural areas of Poland using a passive sampling method. *Environment*, 96(3) 401-407.
10. Dawson SV, Schenker MB. (1979) . Health effects of inhalation of ambient concentrations of nitrogen dioxide. *American Review of Respiratory Disease*, 120:281-292.
11. Derwent R.G, Middleton DR, Field R.A, Goldstone M.E, Lester J.N, Perry R. (1995) . Analysis and interpretation of air quality data from an urban roadside location in central London over the period from July 1991 to July 1992. *Atmospheric Environment*, 29: 923-946.
12. Erik Lebert, David Briggs, Hans van Reeuwijk, Paul Fischer, Kirsty Smallbone, Hendrik Harssema, Bohumir Kriz, Pawel Gorynski, Paul

- Elliott. (2000). Small area variations in ambient NO₂ concentrations in four European areas. *Atmospheric Environment*, 34, 177-185.
13. Infante Rivard C. (1993). Childhood asthma and indoor environmental risk factors. *American Journal of Epidemiology*, 137: 834-844.
14. Jan G.C. Van Amsterdam, Bert P.J. Verlaan, Henk Van Loveren, Bernhard G.V. Elzaker, Sjef G. VOS, Antoon Opperhuizen, Peter A. Steerenberg. (1999). Air pollution is associated with increased level of exhaled nitric oxide in nonsmoking healthy subjects. *Archives of Environmental Health*, 54 (5) 331-335.
15. Jing-Shan Do, Rong-Yuh Shieh. (1996) . Electrochemical nitrogen dioxide gas sensor based on solid polymeric electrolyte. *Sensors and Actuators B*, 37, 19-26.
16. John C. Pine , James H. Diaz. (2000) . Environmental health screening with GIS : creating a community environmental health profile. *Environmental Health*, 9-15, April 2000.
17. Kiyong Lee, Jonathan I. Levy, Yukio Yanagisawa, John D. Spengler, Irwin H. Billick. (1998) . The Boston residential nitrogen dioxide characterization study : classification and prediction of indoor NO₂ exposure. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 48 : 736-742.
18. Kiyong Lee, Wonho Yang Neville D. Bofinger. (2000) . Impact microenvironmental nitrogen dioxide concentrations on personal

- exposures in Australia . Journal of the Air & Waste Management Association, 50, 1739-1744.
- 19.Kiyoung Lee, Yukio Yanagisawa, John D. Spengler. (1995) . Classification of house characteristics based on indoor nitrogen dioxide concentrations. Environment International, 21 (3) 277-282.
- 20.Kunio Nagashima, Nobuo Nakano. (1999) . Improvement of a monitoring tape for nitrogen dioxide in air. Talanta, 49: 305-308.
- 21.Lars E. Ekberg. (1995) . Concentrations of NO₂ and other traffic related contaminants in office buildings located in urban environments. Building and Environment, 30 (2) 293-298.
- 22.Laslett G.M, A.B. McBratney, P.J. Pahl, M.F. Hutchinson. (1987) . Comparison of several spatial prediction methods for soil PH. Journal of Soil Science, 38 : 325-341
- 23.M. Ando, K. Katagiri, K. Tamura, S. Yamamoto, M. Matsumoto, Y.F. LI, S.R. CAO, R.D. JI, C.K. Liang. (1996) . Indoor and outdoor air pollution in Tokyo and Beijing supercities. Atmospheric Environment, 30 (5) 695-702.
- 24.M.H. Garrett, M.A. Hooper, B.M. Hooper. (1999) . Nitrogen dioxide in Australian homes: levels and sources. Journal of the Air & Waste Management Association, 49 : 76-81.
- 25.Mansur R Azari, Faith M Williams, John Kirby, Peter Kelly, John W

- Edwards, Peter G Blain. (1996). Effects of nitrogen oxides on natural killer cells in glass craftsmen and braziers. *Occupational and Environmental Medicine*, 53 : 248-251.
- 26.Marianne Glasius, Morten Funch Carlsen, Torben Stroyer Hansen, Christian Lohse. (1999). Measurements of nitrogen dioxide on Funen using diffusion tubes. *Atmospheric Environment*, 33: 1177-1185.
- 27.Mark J. Utell, R. John Looney. (1995) . Environmentally induced asthma. *Toxicology Letters*, 82/83, 47-53.
- 28.Mukala K, Pekkanen J, Tiittanen P, Alm S, Salonen RO, Tuomisto J. (1999) . Personally measured weekly exposure to NO₂ and respiratory health among preschool children. *European Journal of Respiratory Diseases*, 13: 1411-1417.
- 29.Nadine Bernard, Monique Saintot, Cecile Astre, Mariette Gerber. (1998) . Personal exposure to nitrogen dioxide pollution and effect on Plasma Antioxidant. *Archives of Environmental Health*, 53 (2) ,122-128.
- 30.Nelson Gouveia, Tony Fletcher. (2000) . Respiratory diseases in children and outdoor air pollution in Sao Paulo, Brazil: a time series analysis. *Occupational and Environmental Medicine*, 57, 477-483.
- 31.Ole Raaschou-Nielsen, Ole Hertel, Elisabetta Vignati, Ruwim Berkowicz, Steen S. Jensen, Visti B. Larsen, Christian Lohse, Jorgen H. Olsen. (2000) . An air pollution model for use in epidemiological studies: evaluation with measured levels of nitrogen dioxide and

- benzene. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 10, 4-14.
32. P.R. Hargreaves, A. Leidi, H.J. Grubb, M.T. Howe, M.A. Mugglestone. (2000) . Local and seasonal variations in atmospheric nitrogen dioxide levels at Rothamsted, UK, and relationships with meteorological conditions. *Atmospheric Environment*, 34, 843-853.
33. Pershagen G, Rylander E, Norberg S, Eriksson M, Nordvall SL. (1995) . Air pollution involving nitrogen dioxide exposure and wheezing bronchitis in children. *International Journal of Epidemiology*, 24:1147-1153.
34. R. Mondal, G.K. Sen, M. Chatterjee, B.K. Sen, S. Sen. (2000) . Ground-level concentration of nitrogen oxides (NO_x) at some traffic intersection points in Calcutta. *Atmospheric Environment*, 34, 629-633.
35. Renata Liard, Mahmoud Zureik, Yvon Le Moullec, David Soussan, Marie Glorian, Alain Grimfeld, Françoise Neukirch. (1999) . Use of personal passive samplers for measurement of NO_2 , NO , and O_3 levels in Panel studies. *Environmental Research Section*, 81: 339-348.
36. Roy M. Harrison, Ji Ping Shi, J. Lee. Grenfell. (1998) . Novel nighttime free radical chemistry in severe nitrogen dioxide pollution episodes. *Atmospheric Environment*, 32 (16) 2769-2774.
37. Roy M. Harrison, Ji Ping Shi. (1996) . Sources of nitrogen dioxide in winter smog episodes. *The Science of the Total Environment*, 189/190,

319-399.

38. Samet JM, Marbury MC, Spengler JD. (1987) . Health effects and sources of indoor air pollution. Part . American Review of Respiratory Disease, 136: 1486-1508.
39. Shannon Rutherford, Rodney Simpson, Gail Williams, Charles Mitchell, Bradley McCall. (2000) . Relationships between environmental factors and lung function of asthmatic subjects in South East Queensland, Australia. Journal of Occupational and Environmental Medicine, 42 (9) , 882-891.
40. Shouten JP, Vonk JM, Graaf AD. (1996) . Short-term effects of emergency hospital admissions for respiratory disease: results of the APHEA project in two major cities in the Netherlands. Journal of Epidemiology and Community Health, 50: S22-29.
41. Shun-Cheng Lee, Lo-Yin Chan. Indoor/Outdoor air quality correlation and questionnaire survey at two staff quarters in Hong Kong. Environment International, 24 (7) 729-737.
42. Shun-Cheng Lee. (1997) . Comparison of indoor and outdoor air quality at two staff quarters in Hong Kong. Environment International, 23 (6) 791-797.
43. Sung-OK Baek, Yoon-Shin Kim, Roger Perry. (1997) . Indoor air quality in homes, offices and restaurants in Korean urban areas-indoor/outdoor relationships. Atmospheric Environment, 31 (4)

529-544.

44. T.W. Ashenden, C.P. Edge. (1995). Increasing concentrations of nitrogen dioxide pollution in rural wales. *Environmental Pollution*, 87, 11-16.
45. Yves Jammes, Stephane Delpierre, Marie Jose Delvolgo, Christine Humbert-Tena, Henri Burnet. (1998). Long-Term exposure of adults to outdoor air pollution is associated with increased airway obstruction and higher prevalence of bronchial hyperresponsiveness. *Archives of Environmental Health*, 53 (6) 372-377.
46. Zhengmin Qian, Qiuxuue Tian, Yang Chen, Robert S. Chapman, Paul J. Lioy, Junfeng Zhang. (2000). Effects of air pollution on children's respiratory health in three Chinese cities. *Archives of Environmental Health*, 55 (2) 126-133.
47. Zhiqiang Zhang, Daniel A. Griffith. (1997). Developing user-friendly spatial statistical analysis modules for GIS : an example using Arcview. *Computer of Environment and Urban Systems*, 21 (1) 5-29.
48. Henry C. Perkins 著 林政剛、林國雄、洪培元、黃政賢、劉光宇編譯 (1999) 空氣污染, 1月4刷, 台北: 高立
49. 江金龍、洪培元、陳維新(1999) 空氣污染與控制, 4版修訂, 台北: 高立
50. 郝吉明、馬廣大(1996) 空氣污染控制工程, 3月3版, 台北: 科技

51. Stanley E. Manahan 著 孫嘉福、楊英賢、蔡瀛逸、劉明昭、賴文淙譯 (1998) 環境化學, 第 6 版, 台北: 高立
52. 王文中 (1999) 統計學與 Excel 資料分析之實習應用, 初版, 台北: 博碩
53. 邱振崑 (1999) 攻心為上-Excel 2000 統計經濟篇, 初版, 台北: 松崗
54. 張紹勳、張紹評、林秀娟 (2000) SPSS For Windows 統計分析-初等統計與高等統計上、下冊, 第 4 版, 台北: 松崗
55. 黃國光 (2000) SPSS 與統計原理剖析, 初版, 台北: 松崗
56. 陳耀茂 (1999) 多變量解析方法與應用, 初版 1 刷, 台北: 五南
57. 吳明隆 (2000) SPSS 統計應用實務, 初版, 台北: 松崗
58. 財團法人工業技術研究院工業安全衛生技術發展中心 物質安全資料表 <http://www.iosh.cla.gov.tw>
59. 平野耕一郎、前田裕行、松田啟吾 (1996) 利用擴散採樣設備之 NO、NO₂ 監測方法 大氣污染簡易測定及評估方法國際研討會論文集, 115-123
60. 行政院勞工委員會 (1994) 作業環境空氣中有害物標準分析參考方法, 第 1 版, 台北: 行政院勞工委員會
61. 郭錦堂、巫上瑩、蘇俊忠、林青勁 (1998) 居家環境之氮氧化物監測 工業衛生研討會論文集, 153-162
62. 林澤聖、蕭淑珍、林嘉明 (2000) 簡易二氧化氮被動式採樣器 勞工安全衛生研究季刊, 8 (3), 261-268
63. 林嘉明、石東生、謝彩惠、陳正堯 (1995) 被動式採樣器空氣中甲苯的性能評估 勞工安全衛生研究季刊, 3 (4), 21-38

64. 林嘉明、石東生、吳麗珠、羅恆廉 (1994) 被動式採樣器性能評估準則之探討 勞工安全衛生研究季刊, 2 (2), 67-84
65. 徐傲暉 被動式採樣器之介紹 <http://www.iosh.cla.gov.tw>
66. 行政院環保署 (1992) 甲級空氣污染防治專責人員訓練教材, 台北: 行政院環境保護人員訓練所
67. 行政院環保署 (2000) 中華民國台灣地區環境保護統計年報, 台北: 行政院環保署
68. 行政院環保署 (1999) 八十八年版環境白皮書, 台北: 行政院環保署
69. 林惠玲、陳正倉 (1998) 統計學 - 方法與應用上、下冊, 1 版修訂 2 刷, 台北: 雙葉書廊
70. 楊志良 (1995) 生物統計學新論, 增訂二版, 台北: 巨流圖書
71. 周天穎、周學政 (2001) Arc View 透視 3.x, 初版 10 刷, 台北: 松崗
72. 曾宇代 (1999) 空間推估法結合地理資訊系統模擬臭氧濃度空間分佈之研究 碩士論文, 中興大學環境工程學研究所
73. 蔡玉琴 (1997) 淡水河流域降雨時空分析及推估 - 地理資訊系統的應用 師範大學地理研究報告, 26: 139-206.
74. 馮豐隆、黃志成 (1997) 空間模式應用於林份結構母數推估之研究 中興大學實驗林研究彙刊, 19 (2) 57-75.
75. 林界宏 (1998) 地理資訊系統在空氣品質監測上之應用 碩士論文, 中興大學環境工程學研究所
76. 黃文政、蘇春基、楊富提 (1997) 克力金法於空氣品質空氣推估之研究 中國環境工程學刊, 7 (3) 281-288.
77. 彭瓊瑜 (1991) 室內二氧化氮之測量及其與室外濃度之關係 碩

- 士論文，台灣大學公共衛生研究所
- 78.周經芳（1999） 中部地區空氣品質監測系統代表性之探討 碩士論文，東海大學環境科學研究所
- 79.王瑜珮（1998） 以 GIS 模式探討中部地區空氣污染與健康危害之相關性研究 碩士論文，中國醫藥學院環境醫學研究所
- 80.曹永杰（1998） 空氣污染及其他相關危險因子對學童氣喘及肺功能之探討-南台灣為例 碩士論文，高雄醫學院公共衛生學研究所
- 81.于勝宗（2000） 高速公路交通污染對學童呼吸道健康影響之研究 碩士論文，高雄醫學院公共衛生學研究所
- 82.森忠 司、吉川政雄、松下秀鶴（1986）. Effect of various living environments on personal exposure levels of nitrogen dioxide. 日本，大氣污染學會誌, 21（5）446-453.
- 83.森岡純一、竹中規訓、阪東 博、前田泰昭、綾木重幸、市野孝治、宇江喜 善章（2000）. Change in two - dimensional distribution patterns of NO₂ concentrations in Izumiotsu city measured by a diffusion sampler. 日本，大氣環境學會誌，35（4）191-200.
- 84.後藤隆雄（2000）. Characteristics of statistical properties of daily nitrogen dioxides concentrations measured at 14 sites in Eastern Kobe area during one year with TEA capsule method. 日本，大氣環境學會誌，35（4）250-261.
- 85.松村年郎、長田英二、小鳩茂雄（1993）. Indoor air pollution at a private house in winter season - effect of various heaters on indoor air pollution - . 日本，大氣污染學會誌，28（3）140-152.
- 86.加藤輝隆、加須屋 實、鏡森定信、河野昭一、狐塚寬（1988）. An assessment of effects of air pollution on the ring width of Japanese cedars - relationships between the standardized ring index and the

pollution levels of SO₂ and NO₂ in the ambient air at the surrounding
- . 日本 , 大氣污染學會誌 , 23 (6) 320-328.

87. 行政院環境保護署 環境保護法規 <http://www.epa.gov.tw>
88. 賴俊雄、郭憲文、林國瑞、杭良文、夏德椿、湯豐誠、李銘宗、戴如淳、蔡承憲 (1997) 中區國中學生呼吸系統健康檢查 行政院環保署 , 中國醫藥學院公共衛生學系.
89. 行政院環境保護署 空氣品質監測站位置 <http://www.epa.gov.tw>
90. 梁正中、王明皓、陳木麟、方俊文、留金園、廖家新、李雅婷、莊佩祺、林子博、鄭志琦 (2001). 台中市碳氫化合物、氮氧化物、一氧化碳之特性、時空分佈與改善策略研究期末報告 . 台中市環境保護局 , 逢甲大學環境工程與科學學系.
91. Ogawa Sampler 說明書 (1998). Ogawa & company , USA , Inc.
92. 松本光弘、溝口次夫 (1988) . A sample and simultaneous measurement method of sulfural dioxide and nitrogen dioxide in atmosphere with triethanolamine cylindrical filter method. 日本 , 大氣污染學會誌 , 23 (2) 85-91.

表1 二氧化氮分析方法之再現性

	濃度 (μ g/ml)	平均值 (mean)	變異係數 (CV %)
	0.1	0.086	1.76842E-08
Nitrite 標準溶液	0.4	0.347	1.23965E-08
	0.8	0.691	1.24503E-08

表2 各國中於各季之環境二氧化氮濃度

學校	1月份	3月份	5月份	7月份
	平均值±標準差			
龍井國中	45.49 ± 6.84	77.50 ± 6.93	43.00 ± 5.80	22.70 ± 2.83
大道國中	51.15 ± 1.05	62.25 ± 1.20	38.95 ± 4.74	30.85 ± 0.21
沙鹿國中	43.94 ± 2.30	35.25 ± 1.20	28.95 ± 2.19	28.05 ± 0.49
神岡國中	32.70 ± 0.52	37.00 ± 0.28	29.80 ± 9.62	28.20 ± 7.78

濃度單位：ppb

時間：1999年10月 2000年9月

表3 四次採樣之個人暴露、居家室內及室外之濃度

項目	個數 n	平均值 mean	標準差 SD	中位數 median
PNO _x	192	64.82	37.65	55.61
PNO ₂	192	35.68	18.43	31.81
PNO	192	29.03	34.46	19.80
INO _x	192	65.63	43.70	55.36
INO ₂	192	40.03	17.32	39.00
INO	192	25.89	36.24	16.90
ONO _x	190	63.32	35.62	51.66
ONO ₂	190	40.92	20.34	37.10
ONO	190	22.62	33.60	15.60

濃度單位：ppb

PNO₂=personal NO₂

INO₂=indoor NO₂

ONO₂=outdoor NO₂

表4 各區各季之個人暴露、居家室內及居家室外二氧化氮濃度

		龍井	大道	沙鹿	神岡
項目		平均值±標準差			
89年1月	PNO ₂	32.32±30.86	41.84±9.34	44.09±30.54	35.92±7.93
	INO ₂	31.69±9.15	41.78±12.45	48.48±10.10	52.59±20.95
	ONO ₂	56.41±51.18	48.53±12.74	43.12±7.18	38.05±11.08
89年3月	PNO ₂	50.97±17.91	51.98±11.10	21.58±14.51	33.52±12.04
	INO ₂	60.38±12.39	54.34±11.47	27.19±15.59	37.23±21.45
	ONO ₂	59.83±18.96	63.13±15.67	30.68±8.01	37.44±8.15
89年5月	PNO ₂	57.13±20.94	43.96±9.98	29.02±8.79	32.63±5.68
	INO ₂	56.13±17.59	43.38±7.42	35.24±11.71	38.61±11.06
	ONO ₂	50.90±10.14	44.68±17.35	34.57±13.48	37.04±10.35
89年7月	PNO ₂	17.00±5.07	30.08±3.58	21.14±4.24	25.80±7.47
	INO ₂	20.54±8.28	38.06±16.45	24.13±7.17	29.45±8.64
	ONO ₂	21.46±3.29	35.90±12.05	26.85±4.76	25.98±8.58

濃度單位：ppb

PNO₂=personal NO₂, n=192

INO₂=indoor NO₂, n=192

ONO₂=outdoor NO₂, n=190

表 5.1 各區學生個人暴露之氮氧化物、二氧化氮濃度

學校	個數	氮氧化物			二氧化氮		
		最大值	最小值	平均值 ± 標準差	最大值	最小值	平均值 ± 標準差
龍井國中	48	225.32	24.29	67.16±37.94	127.48	10.70	39.83±25.73
大道國中	48	194.32	30.30	71.92±33.88	78.60	23.70	41.97±11.76
沙鹿國中	48	148.45	23.65	55.88±28.36	137.77	6.00	28.95±19.44
神岡國中	48	270.48	12.97	64.32±47.20	61.00	18.00	31.97±9.10

濃度單位：ppb

表 5.2 各區學生居家室內之氮氧化物、二氧化氮濃度

學校	個數	氮氧化物			二氧化氮		
		最大值	最小值	平均值 ± 標準差	最大值	最小值	平均值 ± 標準差
龍井國中	48	349.72	23.10	73.20±56.00	127.48	10.70	42.49±20.73
大道國中	48	183.50	27.88	69.88±34.84	84.80	17.17	44.39±13.45
沙鹿國中	48	181.20	21.03	58.10±31.71	67.62	8.40	33.76±14.68
神岡國中	48	287.94	19.56	61.34±47.44	112.76	11.20	39.47±18.10

濃度單位：ppb

表 5.3 各區學生居家室外之氮氧化物、二氧化氮濃度

學校	個數	氮氧化物			二氧化氮		
		最大值	最小值	平均值 ± 標準差	最大值	最小值	平均值 ± 標準差
龍井國中	48	138.51	7.19	62.50±28.28	206.75	17.70	47.13±30.97
大道國中	47	222.46	29.51	73.82±38.83	99.90	24.00	48.18±17.45
沙鹿國中	48	183.35	23.70	62.89±39.09	71.10	18.40	33.81±10.59
神岡國中	47	200.50	16.67	56.65±32.29	58.20	16.00	34.57±10.63

濃度單位：ppb

表 6 抽菸家庭與非抽菸家庭室內二氧化氮之濃度

學校	抽菸 (n=94)		非抽菸 (n=98)	
	平均值 (mean)	標準差 (SD)	平均值 (mean)	標準差 (SD)
龍井國中	44.73	20.84	39.07	20.63
大道國中	43.66	13.7	44.91	13.49
沙鹿國中	36.82	16.59	31.92	13.37
神岡國中	36.97	17.09	42.68	19.26

濃度單位：ppb

表7 個人暴露與居家室內之氮氧化物、二氧化氮濃度之迴歸分析

變項	個數	截距	迴歸係數 \hat{a}	判定係數 r^2	p值
室內NO _x 濃度	n=192	21.251	0.664	0.594	0.000*
室內NO ₂ 濃度		9.237	0.661	0.386	0.000*

*= p<0.01

NO_x=氮氧化物

NO₂ = 二氧化氮

PNO₂ = personal NO₂ , INO₂ = indoor NO₂

PNO₂=9.237+ 0.661 [INO₂]

表8 個人暴露與居家室外之氮氧化物、二氧化氮濃度之迴歸分析

變項	個數	截距	迴歸係數 \hat{a}	判定係數 r^2	p值
室外NO _x 濃度	n=192	35.421	0.463	0.191	0.000*
室外NO ₂ 濃度		22.401	0.326	0.131	0.000*

*= p < 0.01

NO_x=氮氧化物

NO₂ = 二氧化氮

ONO₂ = outdoor NO₂

PNO₂=22.401+ 0.326 [ONO₂]

表9 居家室內與居家室外之氮氧化物、二氧化氮濃度之迴歸分析

變項	個數	截距	迴歸係數 \hat{a}	判定係數 r^2	p值
室外 NO _x 濃度	n=192	26.65	0.616	0.251	0.000*
室外 NO ₂ 濃度		25	0.37	0.191	0.000*

*= p<0.01

NO_x=氮氧化物

NO₂ = 二氧化氮

INO₂=25+ 0.37 [ONO₂]

表 10 烹調能源種類與使用排油煙機之樞紐分析百分比

排油煙機	烹調能源種類			
	電	天然瓦斯	桶裝瓦斯	其他
有	100 %	94.74 %	88.17 %	100 %
無	0 %	5.26 %	11.24 %	0 %

n = 192

表11 室內二氧化氮濃度與烹調能源種類、抽菸之多變項分析

變項	變異來源	自由度	離均差平方和	均方	F值	P值
烹調能源	組間	3	2426.675	808.892	2.793	0.042*
	組內	187	54161.043	289.631		
抽菸	組間	4	3383.757	845.939	3.035	0.023*
	組內	73	20344.846	278.697		

*= $p < 0.05$

表 12 烹調能源種類與居家室內之二氧化氮濃度之迴歸分析

變項	截距	迴歸係數 \hat{a}	判定係數 r^2	p值
桶裝瓦斯	32.451	0.149	0.043	0.047*

n = 191

*= p < 0.05

INO₂ = indoor NO₂

INO₂ = 32.451 + 0.149 [桶裝瓦斯]

表 13 活動類別與室內通風狀況之卡方檢定

	室內靜態活動 n(%)	p值	室內動態活動 n(%)	p值
窗戶狀態				
有	1395(73.7 %)	0.000**	4(11.1 %)	0.203
無	497(26.3 %)		32(88.9 %)	
使用空調				
有	396(20.9 %)	0.287	2(5.6 %)	0.027*
無	1496(79.1 %)		34(94.4 %)	

n=2975

** = p < 0.01

* = p < 0.05

表14 室內污染來源與室內通風狀況之卡方檢定

	屋內燒香 n(%)	p值	屋外燒香 n(%)	p值	使用蚊香 n(%)	p值
有無開窗戶						
有	106(74.1 %)	0.052	56(91.8 %)	0.022*	24(16.7 %)	0.344
無	37(25.9 %)		5(8.2 %)		120(83.3 %)	
使用空調						
有	10(7.0 %)	0.000**	12(19.7 %)	0.696	51(35.4 %)	0.000**
無	133(93 %)		49(80.3 %)		93(64.6 %)	

n=1856

** = p < 0.01

* = p < 0.05

表 15 活動類別與室內污染來源之卡方檢定

	室內靜態活動 n(%)	p值	室內動態活動 n(%)	p值
屋內燒香				
有	121(10.5 %)	0.000**	3(12.0 %)	0.419
無	1032(89.5 %)		22(88.0 %)	
屋外燒香				
有	42(3.6 %)	0.324	3(4.8 %)	0.015*
無	1111(96.4 %)		59(95.2 %)	
使用蚊香				
有	126(10.9 %)	0.000**	1(4.0 %)	0.484
無	1027(89.1 %)		24(96 %)	

n=1867

** = p < 0.01

* = p < 0.05

表 16 室內污染源與室內二氧化氮濃度之迴歸分析

變項	截距	迴歸係數 \hat{a}	判定係數 r^2	p值
屋內燒香	39.727	0.091	0.02	0.000**
屋外燒香		0.07		0.003**

n = 191

** = p < 0.01

$$\text{INO}_2 = 39.727 + 0.091 \text{ [屋內燒香] } + 0.07 \text{ [屋外燒香] }$$

表 17 活動類別與居家室內的二氧化氮濃度之迴歸分析

變項	截距	迴歸係數 \hat{a}	判定係數 r^2	p值
室內靜態活動	38.788	0.055	0.003	0.002**

n = 191

** = p < 0.01

$INO_2 = 38.788 + 0.055$ [室內靜態活動]

表 18 室內通風狀況與居家室內二氧化氮濃度之迴歸分析

變項	截距	迴歸係數 \hat{a}	判定係數 r^2	p 值
未開窗戶	39.603	0.055	0.025	0.028*
使用冷氣或電風扇		-0.113		0.000**

n = 176

** = p < 0.01

* = p < 0.05

$INO_2 = 39.603 + 0.055 [\text{未開窗戶}] - 0.113 [\text{冷氣或電風扇}]$

- 1 Solid Pad
底襯墊 (厚 1.5 mm,
直徑 14.5 mm)
- 2 Pad Retaining Ring
襯墊環 (厚 2 mm)
- 3 Stainless Screen
Teflo 網 (80mesh)
- 4 Coated Collection Filter
濾片 (捕集 NO_x , NO_2)
- 5 Stainless Screen
Teflo 網 (80mesh)
- 6 Diffuser End Cap
擴散式多孔蓋

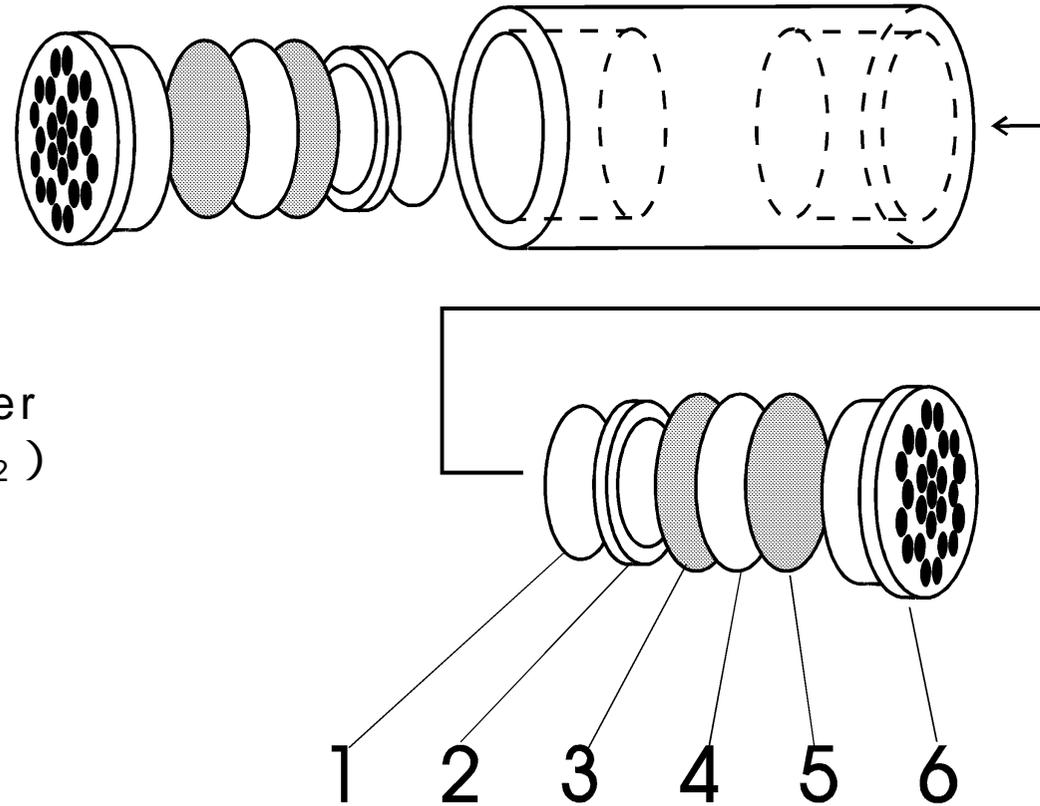
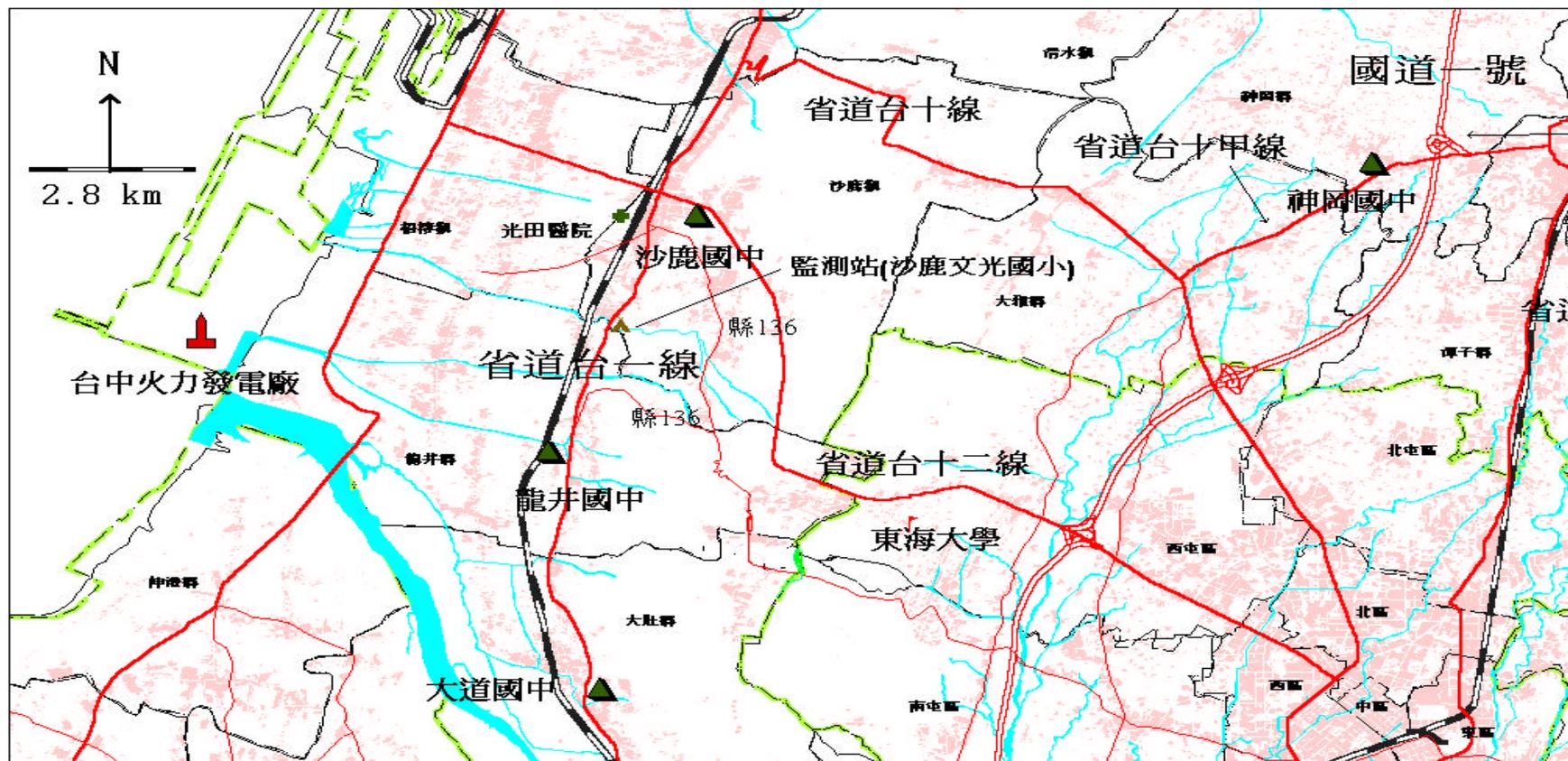


圖 1 被動式採樣器之構造



各區採樣位置

圖 2 台中縣沙鹿地區之採樣位置

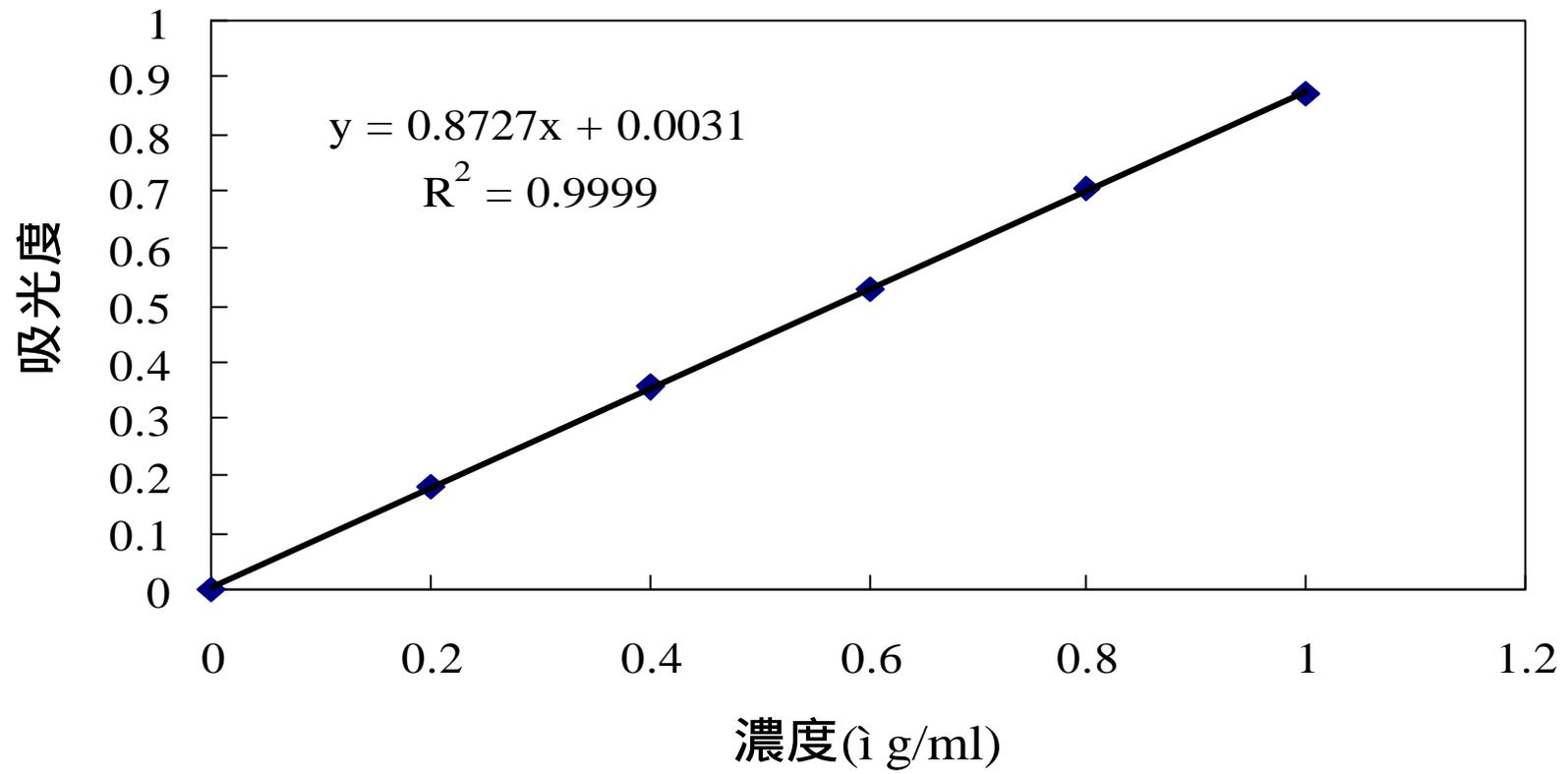


圖3 氮氧化物之檢量線

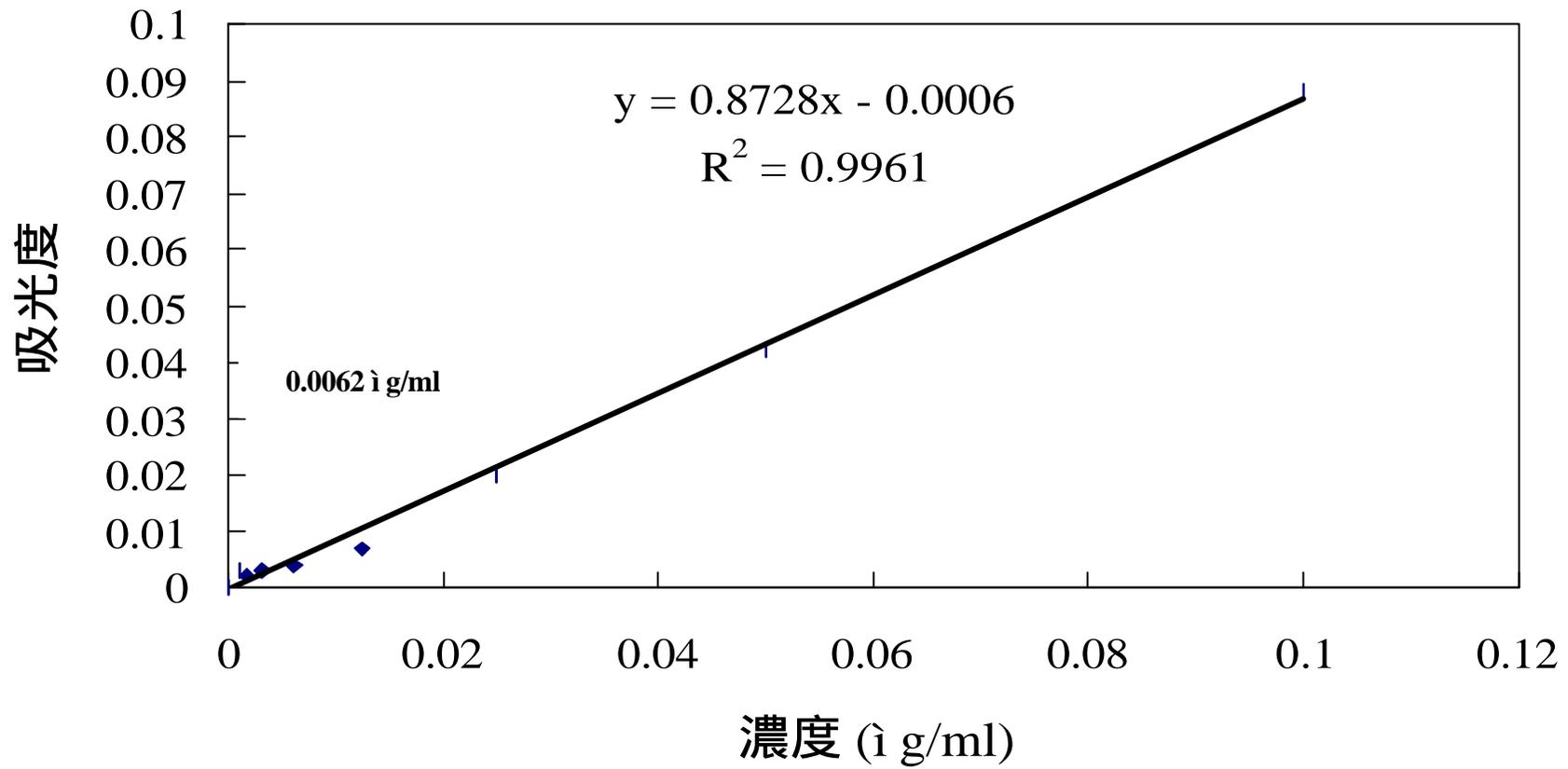


圖4 最低偵測濃度

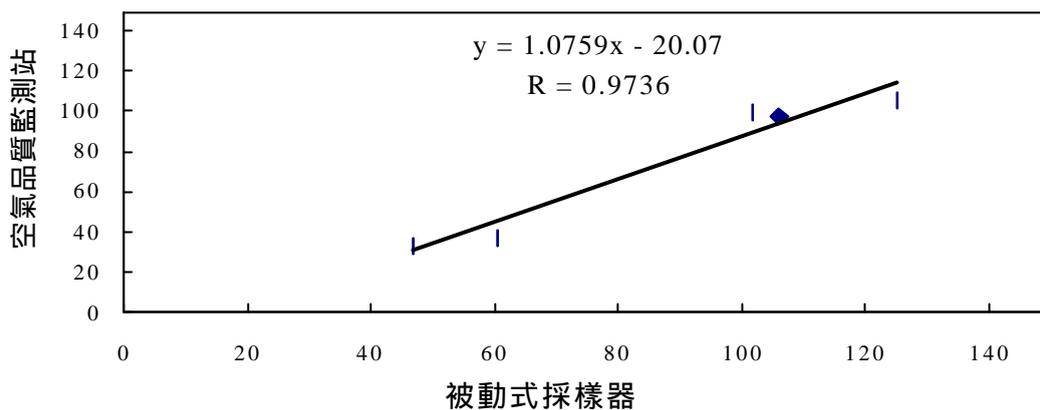


圖5 氮氧化物(NO_x)之平行比對

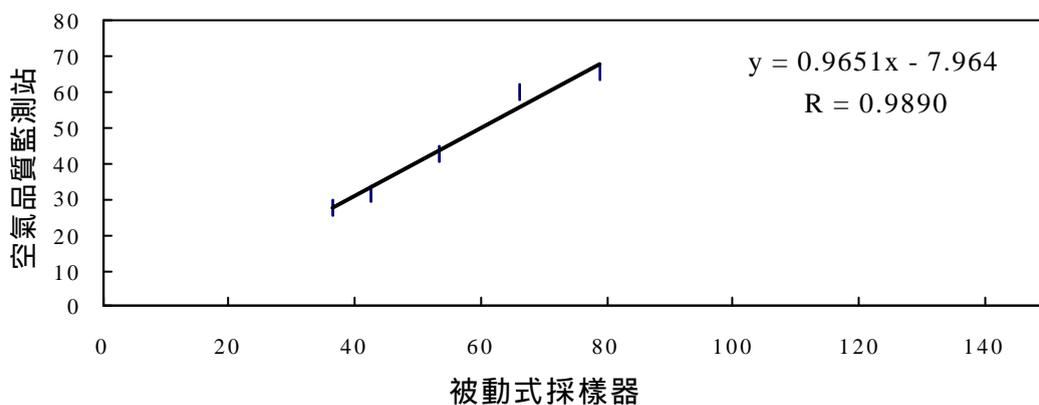


圖6 二氧化氮(NO₂)之平行比對

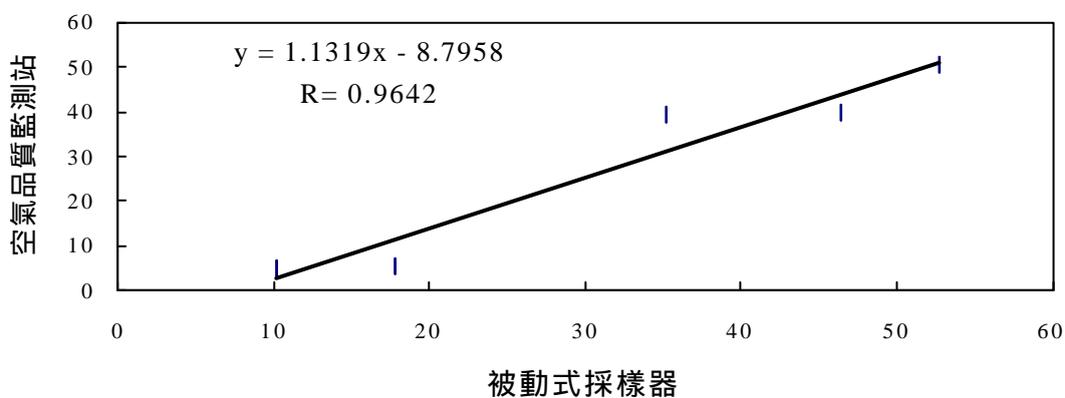


圖7 一氧化氮(NO)之平行比對

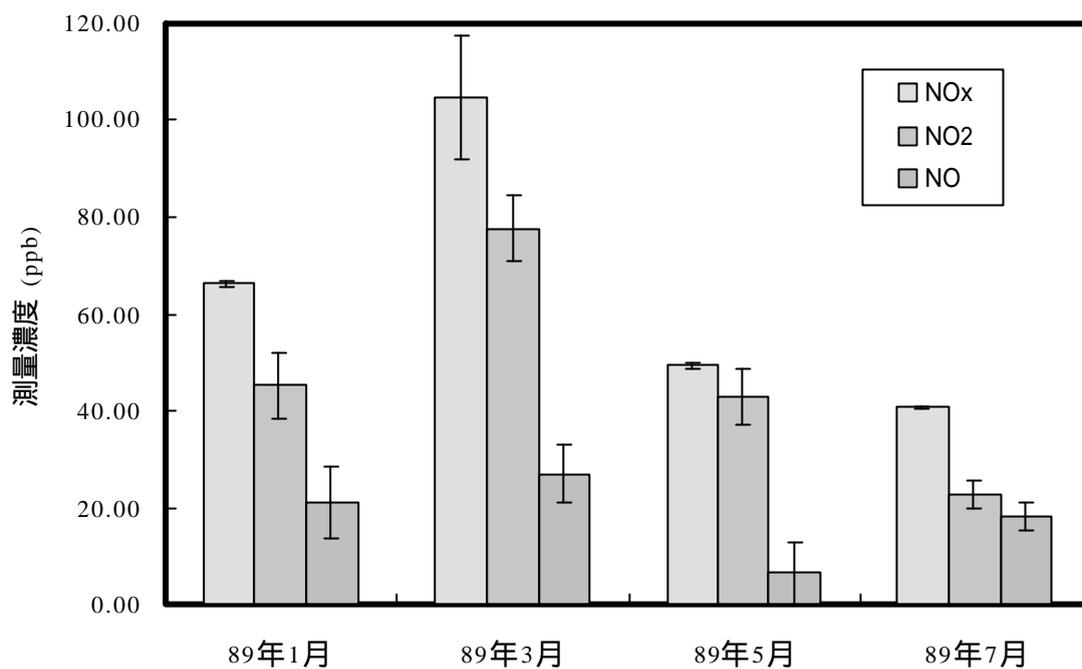


圖8 龍井國中環境之二氧化氮測定濃度分佈直條

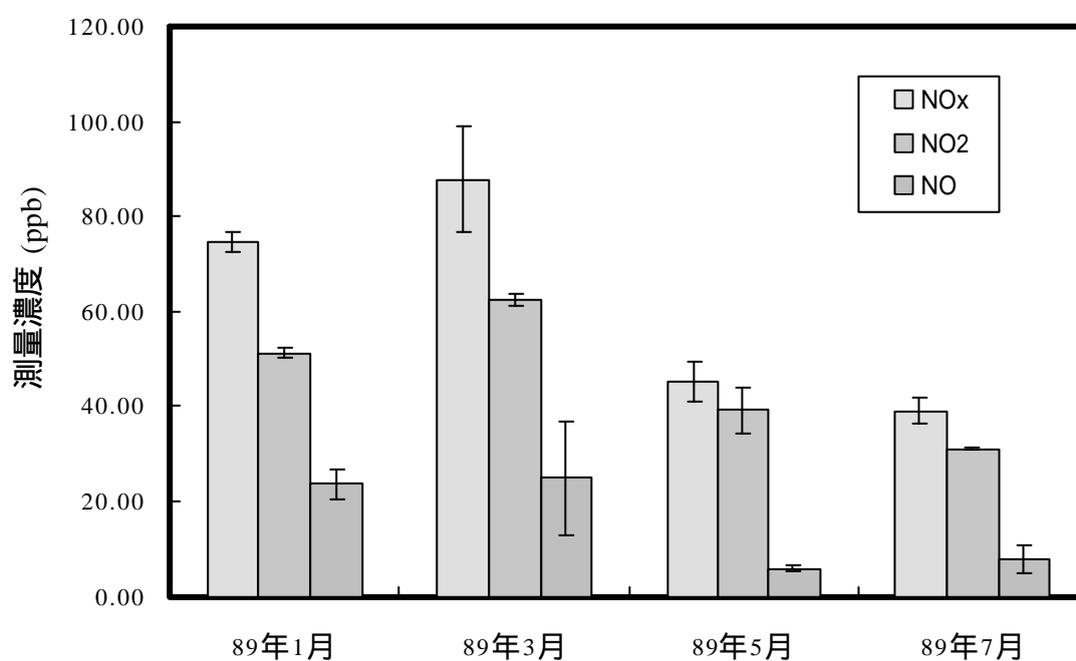


圖9 大道國中環境之二氧化氮測定濃度分佈直條

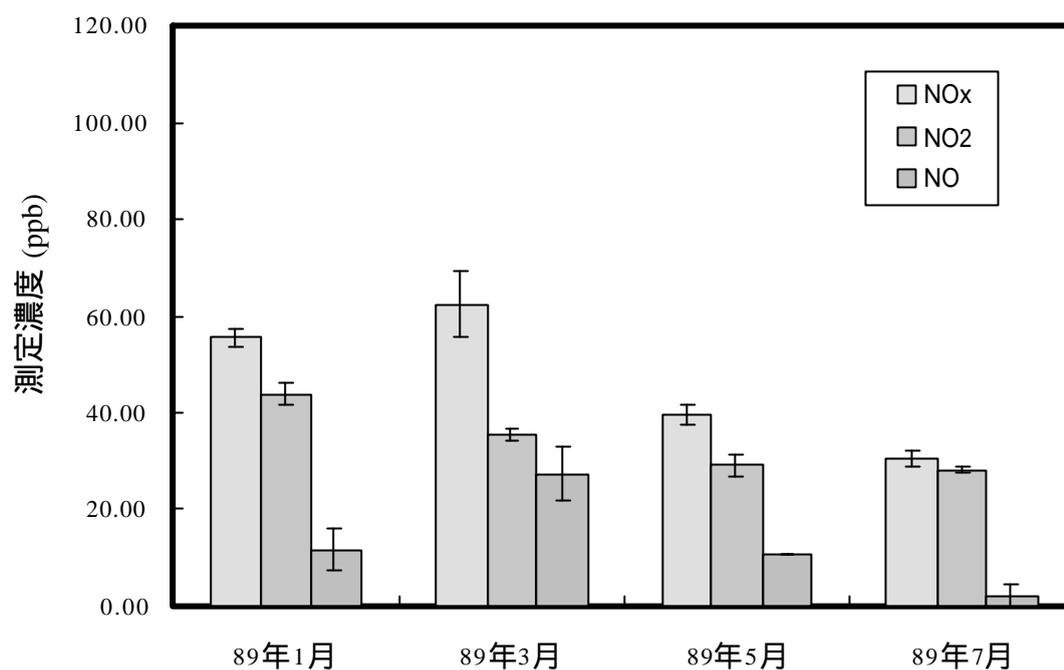


圖10 沙鹿國中環境之二氧化氮測定濃度分佈直條圖

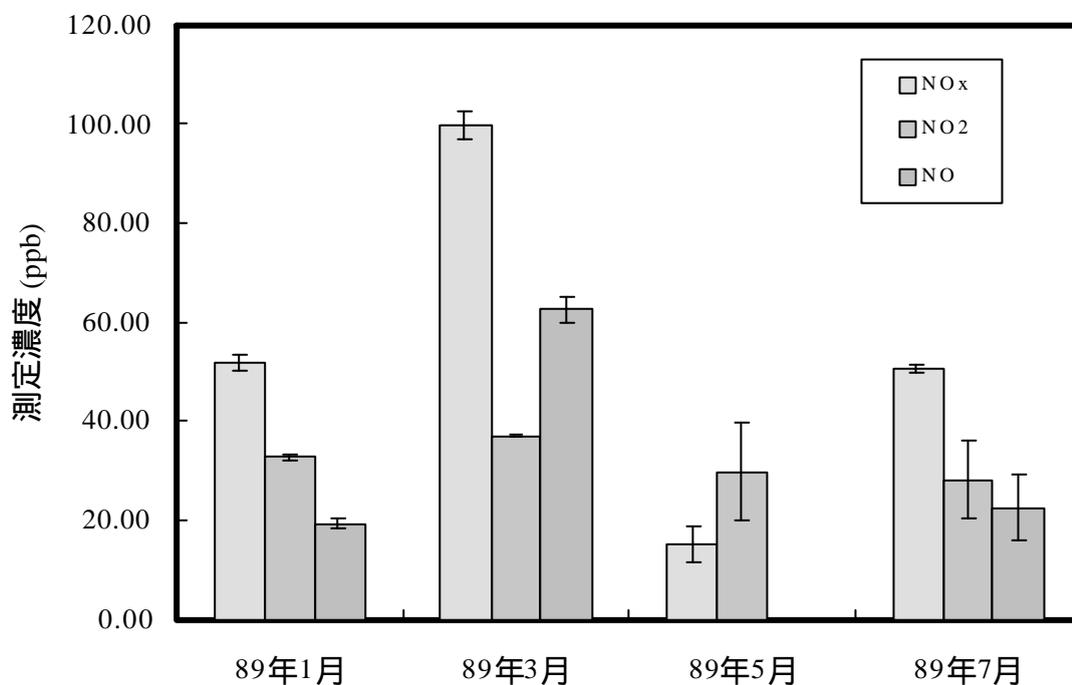


圖11 神岡國中環境之二氧化氮測定濃度分佈直條圖

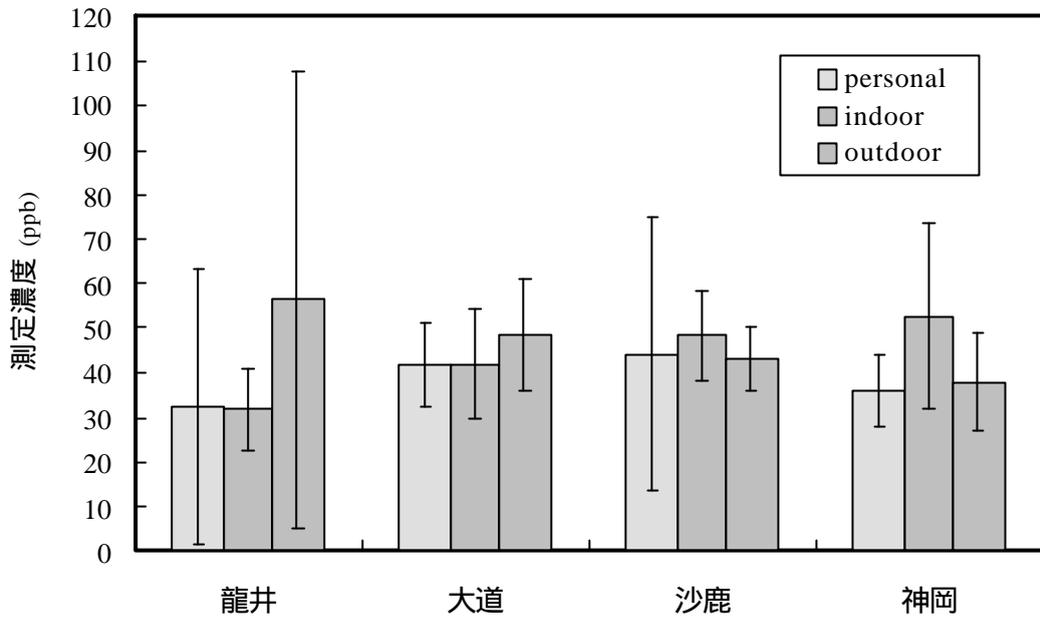


圖12 四所國中一月份之二氧化氮測定濃度分佈直條圖

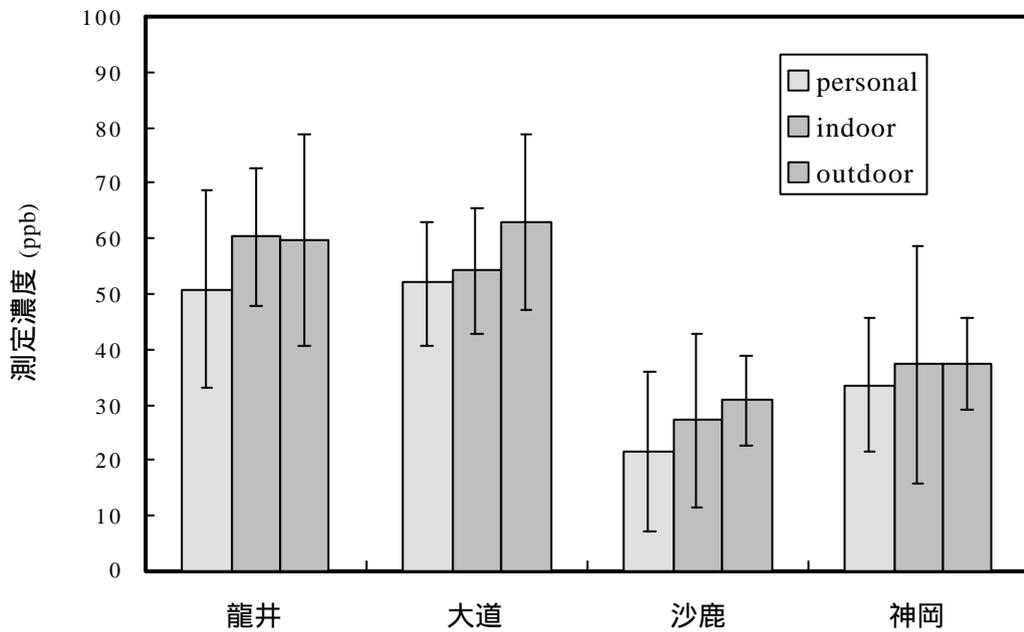


圖13 四所國中三月份之二氧化氮測定濃度分佈直條圖

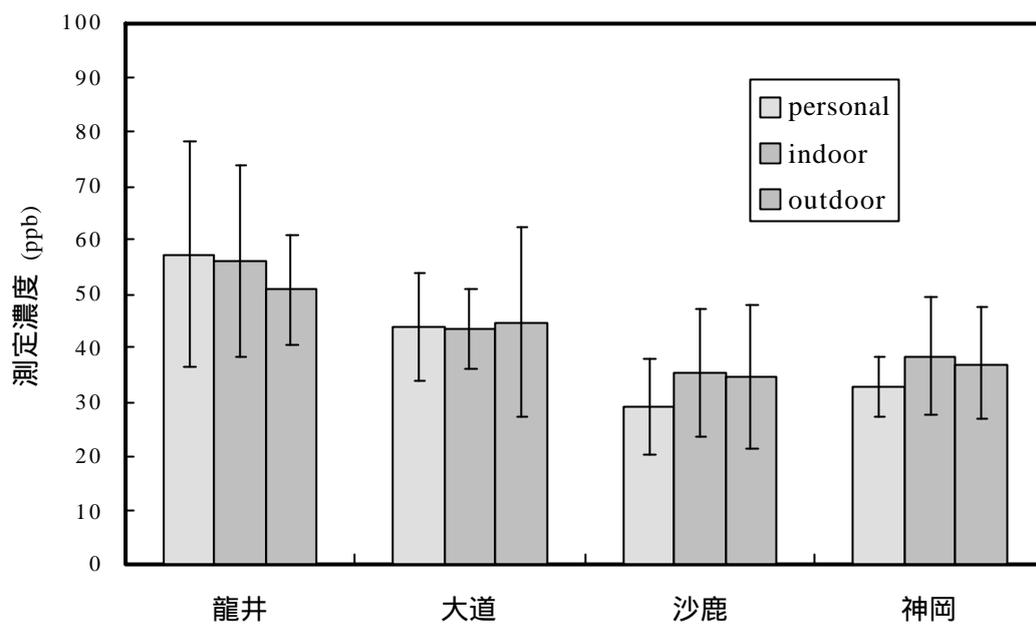


圖14 四所國中五月份的二氧化氮測定濃度分佈直條圖

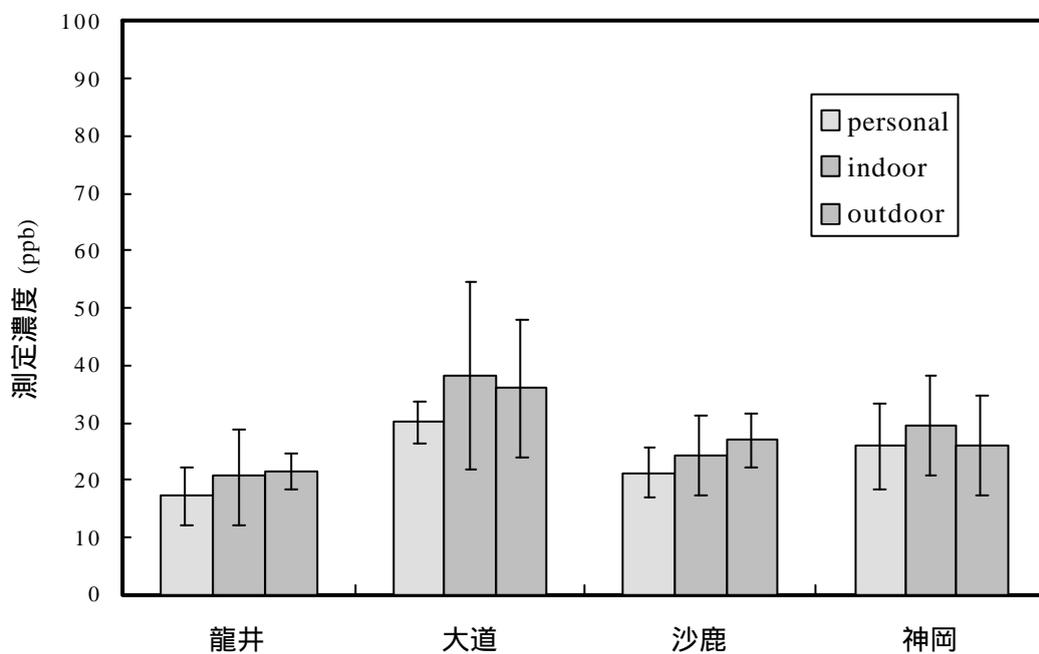


圖15 四所國中七月份的二氧化氮測定濃度分佈直條圖

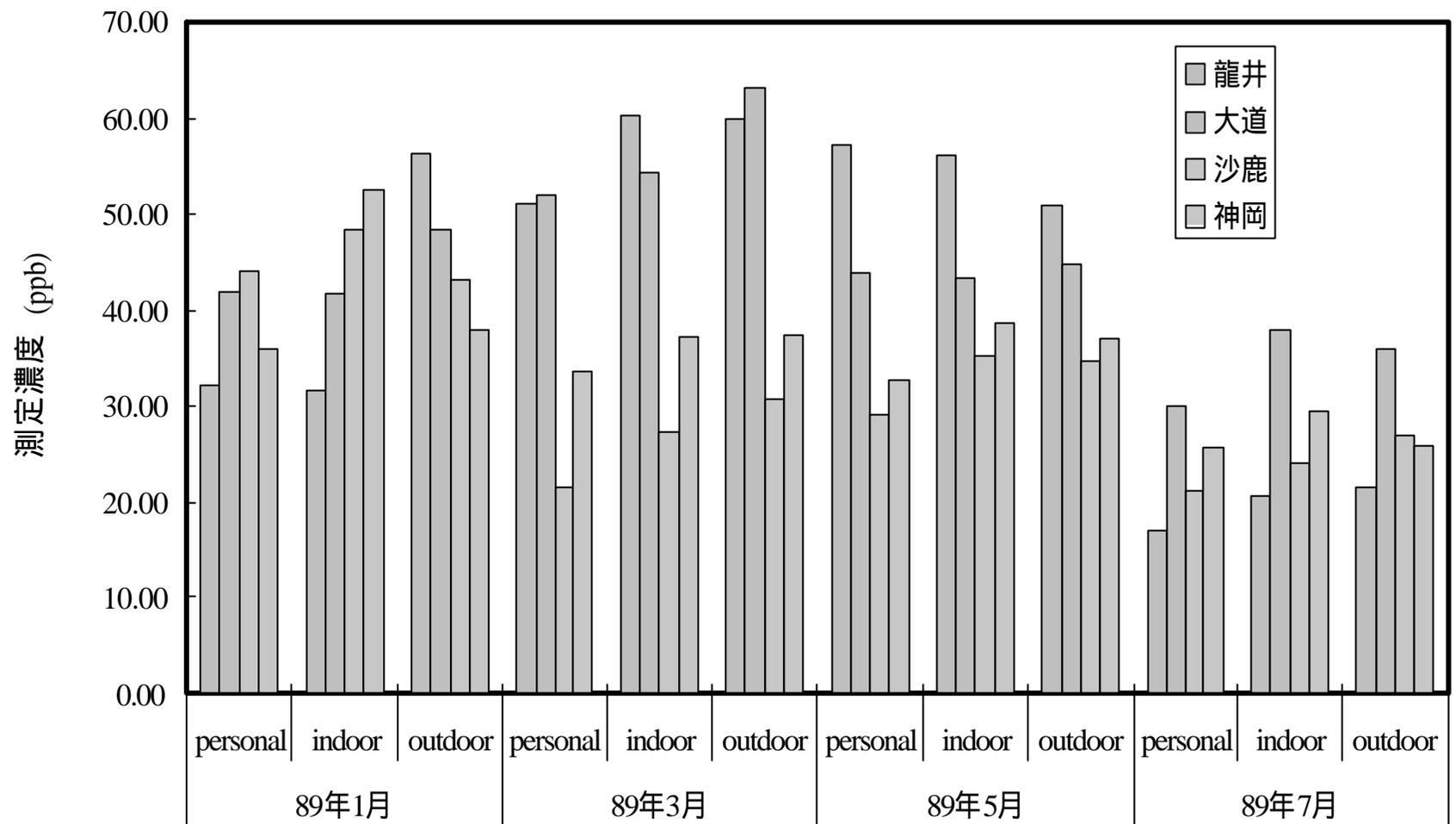


圖16 個人、室內、室外於各季之二氧化氮測定濃度分佈直條圖

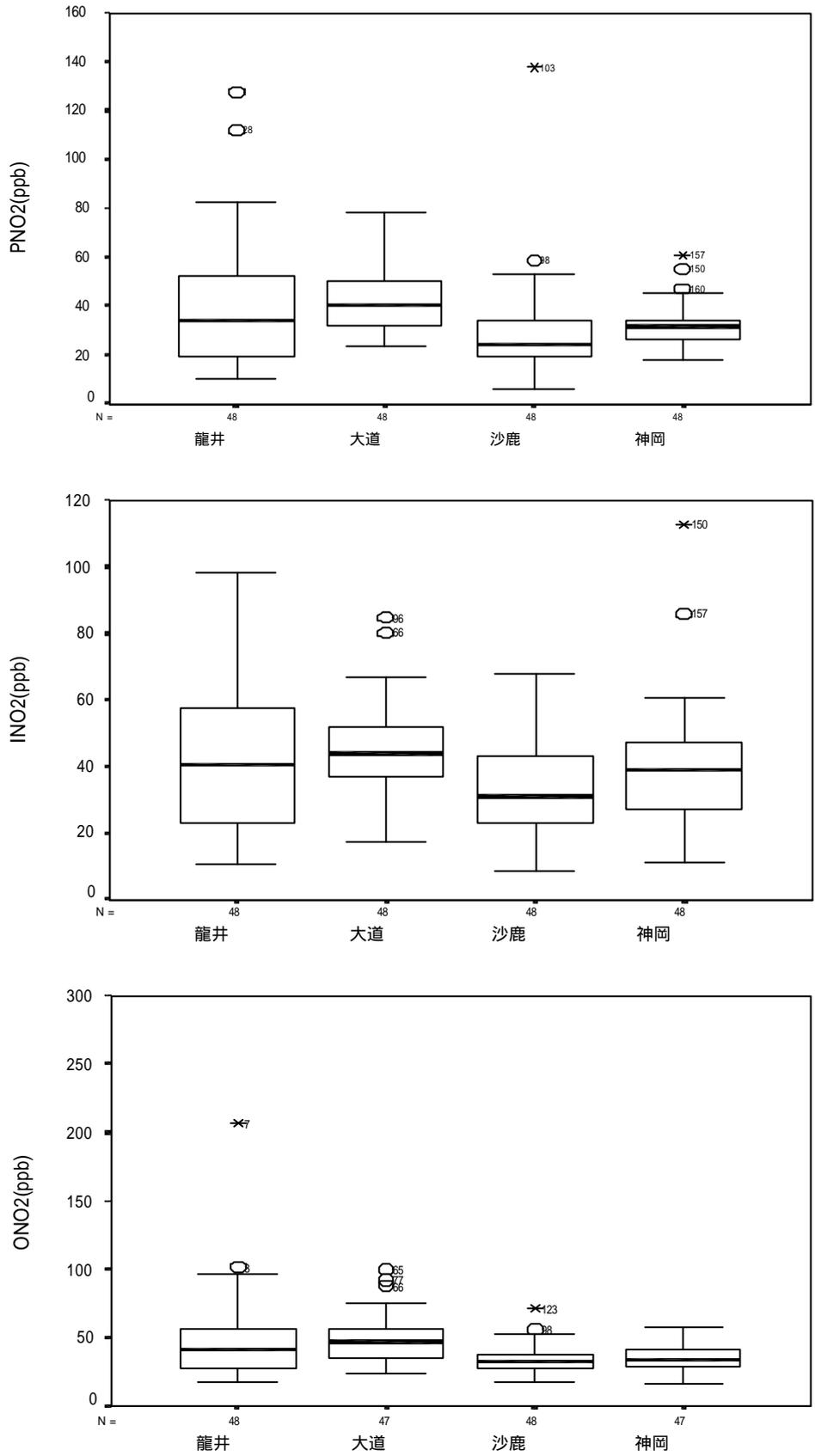


圖 17,18,19 各區學生的個人暴露、居家室內及室外之二氧化氮濃度

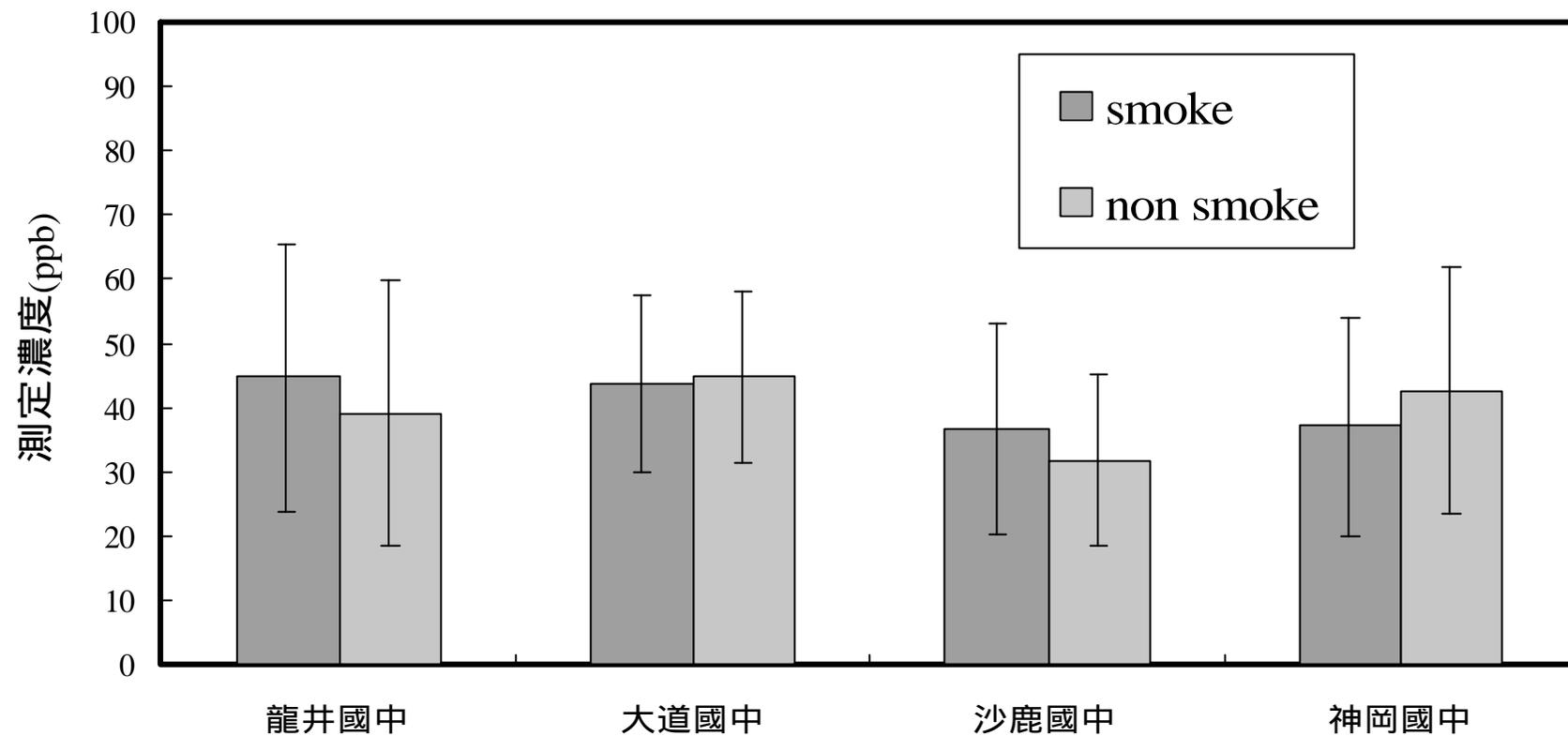


圖20 國中學生家庭抽煙與否之室內二氧化氮濃度分佈直條圖

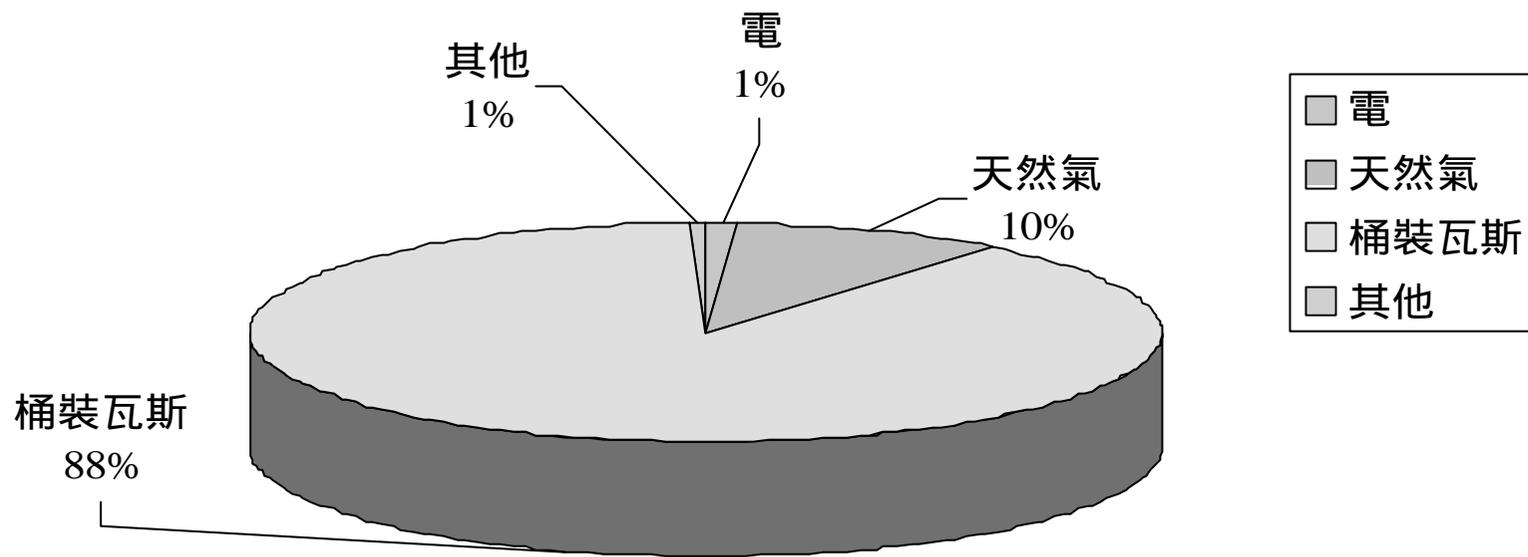


圖21 烹調能源之種類有效百分比圖(n=191)

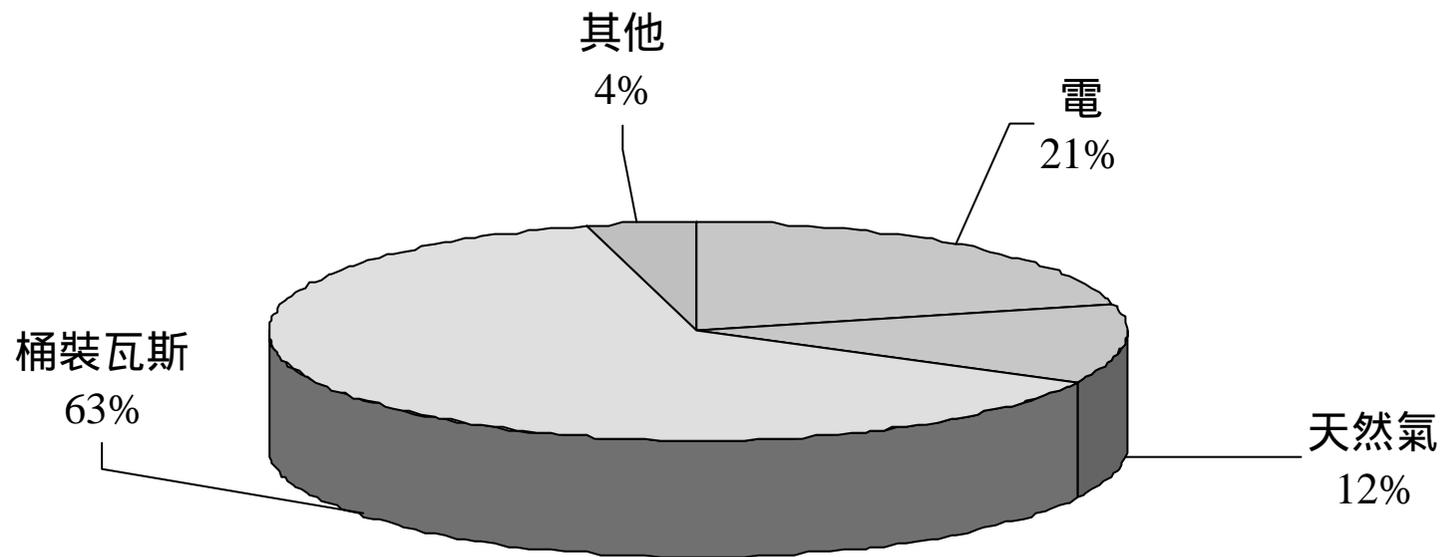


圖22 熱水器能源種類之有效百分比圖(n=168)

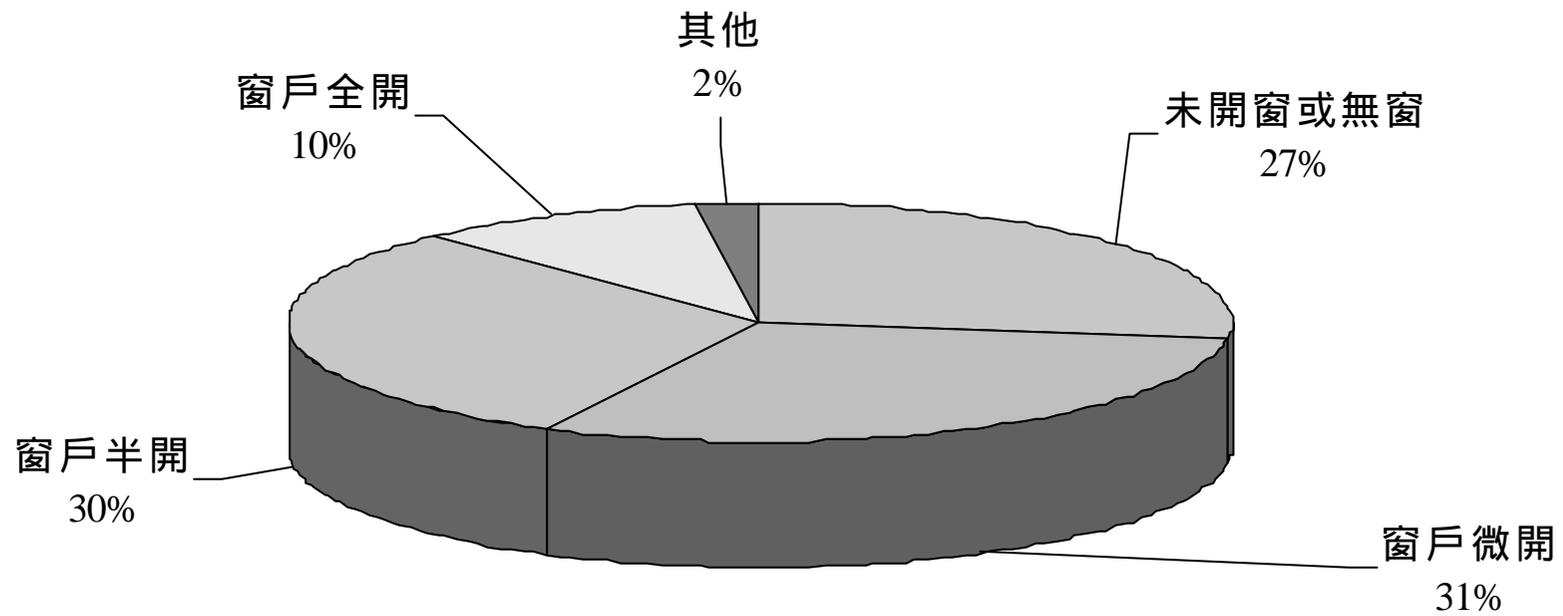


圖23 浴室通風與否之有效百分比圖(n=172)

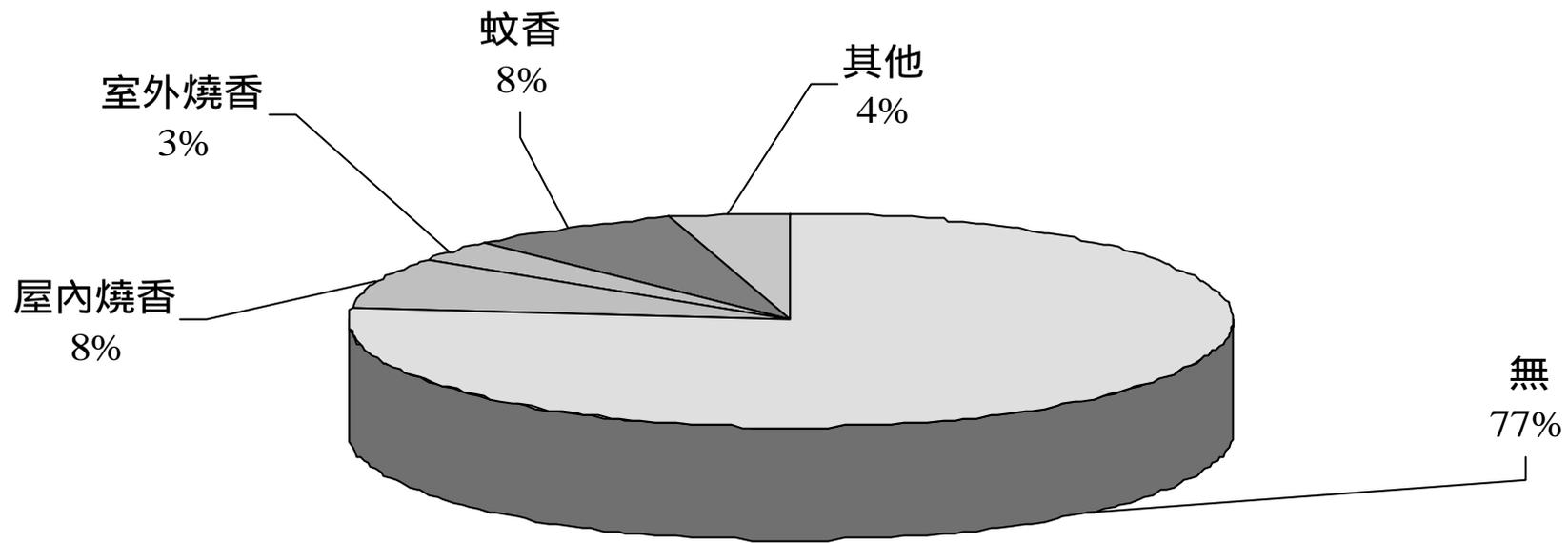


圖24 家中污染源之有效百分比圖(n=110)



各區採樣點位置； ↑ 空氣品質監測站之位置

圖 25 各區之採樣點位置

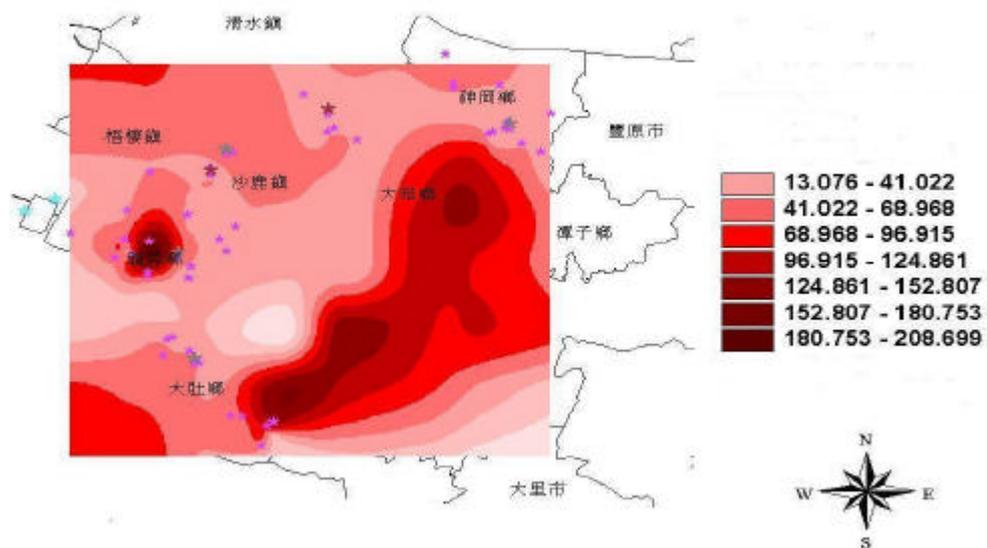


圖 26 各區一月份的居家室外環境二氧化氮濃度之散佈

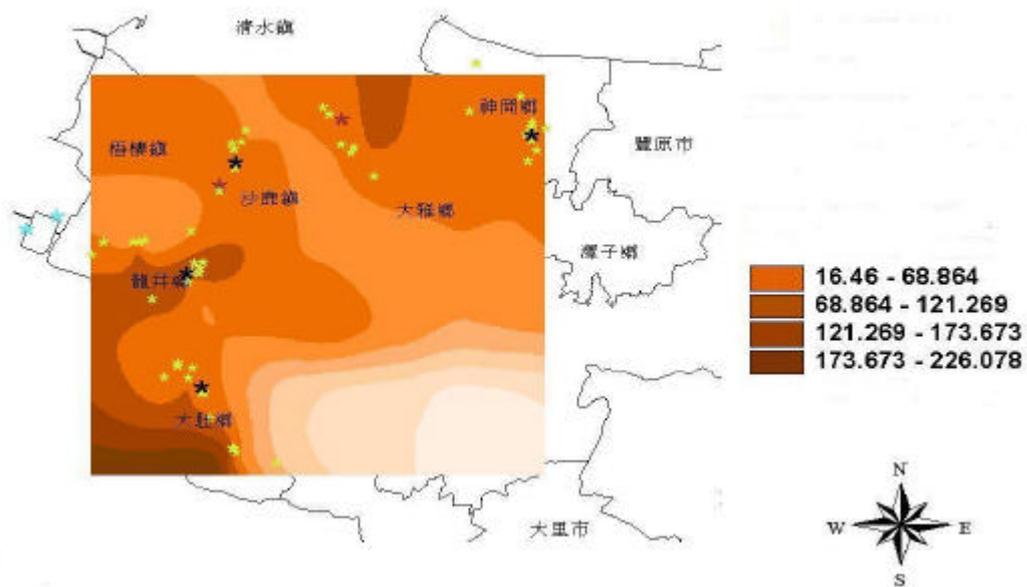


圖 27 各區三月份的居家室外環境二氧化氮濃度之散佈

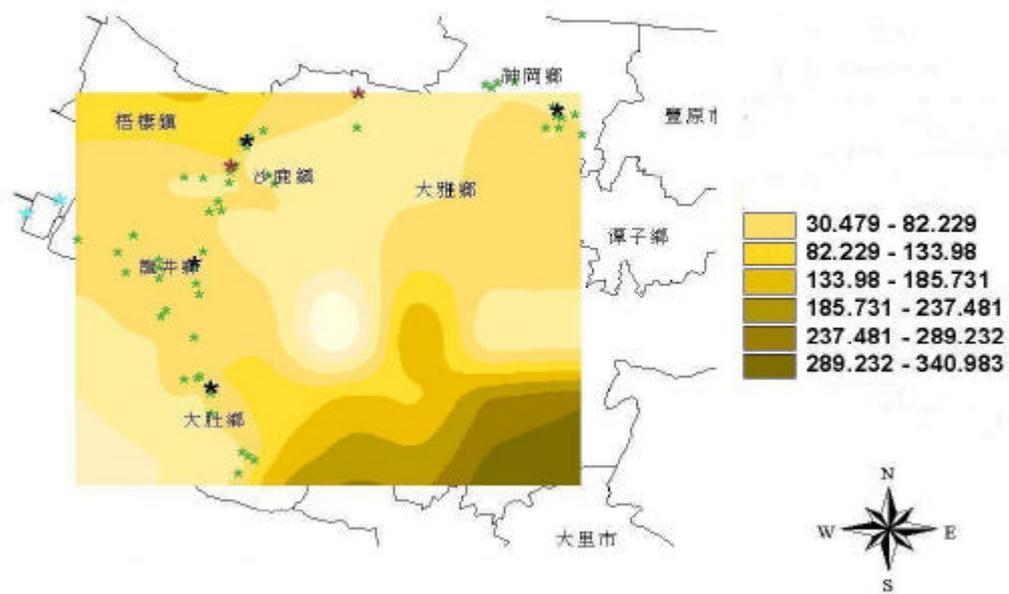


圖 28 各區五月份的居家室外環境二氧化氮濃度之散佈

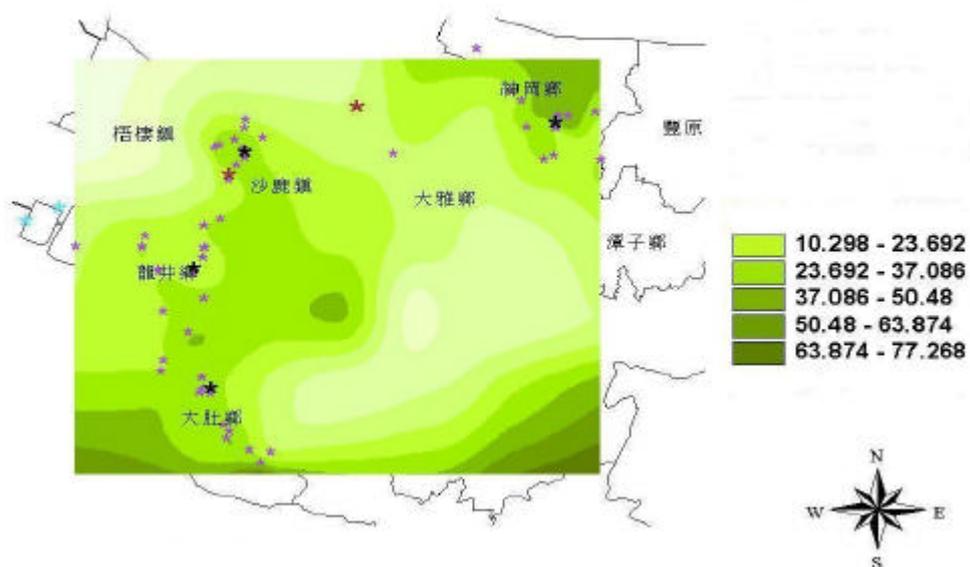


圖 29 各區七月份的居家室外環境二氧化氮濃度之散佈

(附錄一 問卷調查表)

受訪者編號：

訪員編號：

訪問日期：

台中縣沙鹿區國中學生暴露於空氣污染物之 居家環境與每日活動調查表

本次採樣為採集空氣中之氮氧化物，其來源主要為不完全燃燒的產物，例如，大型工廠煙囪及汽機車所排放之廢氣等。空氣中的氮氧化物會刺激氣管導致咳嗽、嘔吐、頭暈、頭痛等症狀，並且與急性及慢性的肺功能健康危害有關，尤其是家中的小孩、老人及氣喘病患者，更會對其造成嚴重之危害。因此本計劃擬針對國中學生進行個人及其居家環境空氣中氮氧化物的採樣，並進行問卷調查。

本計劃之執行分為以下兩個部分：

第一部份、採樣器的配戴與放置

- 每位同學會有 3 個採樣器

第 1 個採樣器(個人暴露)：掛在衣領上

第 2 個採樣器(室內採樣)：掛在客廳

第 3 個採樣器(室外採樣)：掛在陽台或窗戶

第二部分、居家環境與每日活動調查表

A. 個人基本資料 (請在適當位置打 或填寫)

- 1、姓名：_____ 就讀學校：_____
- 姓別(1) 男 (2) 女 身分證字號：_____
- 聯絡電話：(____)_____ 出生日期：____年__月__日
- 聯絡住址：_____
- 2、請問您最近一次測量結果，身高為____公分，體重為____公斤

B. 關於房屋構造

- 1、請問您家的位置？ (1) 市中心 (2) 郊外
- 2、請問您家週邊道路的車流量？ (1) 多 (2) 普通 (3) 少
- 3、請問您家離開道路的距離？
- 3-1 距離主要道路 () 公尺 (道路名稱：_____路)
- 3-2 距離次要道路 () 公尺 (× × 街)
- 3-3 請大概畫出居家附近道路位置圖：(代表您家的位置)

- 4、請問您家的房屋類型？
- (1) 獨棟_____層 (2) 公寓共_____層，您住第_____層
- 5、請問您家的建築構造？
- (1) 鋼筋混泥土 (2) 木造 (3) 輕鋼架鐵皮
- (4) 其他_____。
- 6、請問您家的房屋面積_____坪
- 7、採樣位置示意圖：(表示採樣位置、 表示廚房位置、
表示窗戶位置、 表示抽風換氣位置)

A1-1
A1-2
A1-3
A1-4
A1-5
A1-6
A1-7
A2-1
A2-2

B1

B2

B3-1
B3-1s
B3-2

B4
B4s

B5
B5s

B6

C. 家族成員

- 1、請問家中的居住人數共有_____人，其中
7歲以下兒童_____人，小、中學生_____人，
高中、大學生_____人，主婦_____人，其他成人_____人。
- 2、請問家中的上班人數有_____人，其中
公務人員_____人，公司職員_____人，自行營業_____人，
其他_____人。
- 3、請問目前家中有吸煙的共有(包括自己)_____人，
吸煙者A，一日吸_____根，其中在家吸_____根
吸煙者B，一日吸_____根，其中在家吸_____根
吸煙者C，一日吸_____根，其中在家吸_____根
吸煙者D，一日吸_____根，其中在家吸_____根

C1-1	C1-4
C1-2	C1-5
C1-3	C1-6
C2-1	C2-4
C2-2	C2-5
C2-3	
C3	
C3-1	C3-1s
C3-2	C3-2s
C3-3	C3-3s
C3-4	C3-4s

D. 關於家中的燃料種類

- 1、請問家裡有沒有廚房？
(1) 有【續答 1-1 至 1-2】 (2) 無【跳答 2】

1-1 炒菜使用的能源為何？ (1) 電 (2) 天然氣 (3) 桶裝瓦斯 (4) 其他_____。	D1 D1-1 D1-1s
1-2 有沒有使用排油煙機？ (1) 有，一日大約使用多少_____小時 (2) 無	D1-2 D1-2s

- 2、請問家中浴室有沒有使用熱水器？
(1) 有【續答 2-1 至 2-2】 (2) 無

2-1 熱水器使用之能源為何？ (1) 電 (2) 天然氣 (3) 桶裝瓦斯 (4) 其他_____。	D2 D2-1 D2-1s
2-2 洗澡時浴室間的通風狀況為何？ (1) 窗戶封閉或沒有窗戶 (2) 窗戶微開 (3) 窗戶半開 (4) 窗戶全開 (5) 其他_____。	D2-2 D2-2s

E. 每日活動記錄 (單、複選皆可)

活動類別	地方	交通工具	活動程度
1. <u>上學途中</u>	1. <u>客廳</u>	1. <u>走路</u>	1. 靜靜地(不會喘)
2. <u>上課中</u>	2. <u>廚房</u>	2. <u>冷氣公車</u>	2. 中等程度(有點喘)
3. <u>放學途中</u>	3. <u>臥室</u>	3. <u>普通公車</u>	3. 活動量大(會喘)
4. <u>吃飯</u>	4. <u>靠近家裡</u>	4. <u>計程車</u>	室內/室外
5. <u>睡覺</u>	5. <u>家中店面</u>	5. <u>轎車</u>	1. 室內(在房屋裡面才算)
6. <u>炒菜</u>	6. <u>教室</u>	6. <u>腳踏車</u>	2. 室外(在屋外就是, 走廊, 騎樓, 馬路邊等都算)
7. <u>拜拜</u>	7. <u>辦公室</u>	7. <u>摩托車</u>	汙染源
8. <u>盥洗</u>	8. <u>工廠</u>	8. <u>三輪車</u>	1. <u>燒香(屋內)</u>
9. <u>運動</u>	9. <u>鄰居家</u>	9. <u>貨車</u>	2. <u>室外燒香</u>
10. <u>散步</u>	10. <u>馬路上</u>	10. <u>其他(請寫出)</u>	3. <u>蚊香</u>
11. <u>看電視</u>	11. <u>路邊攤</u>	室內通風狀況	4. 使用高壓電擊之空氣清淨機
12. <u>看書</u>	12. <u>庭院</u>	1. <u>窗戶大開或全開</u>	5. 使用臭氧產生機
13. <u>在家裡看店</u>	13. <u>田園</u>	2. <u>窗戶半開</u>	6. 使用雷射印表機
14. <u>逛街</u>	14. <u>其他(請寫出)</u>	3. <u>窗戶小開或關閉</u>	7. 使用影印機
15. <u>做家事</u>		4. <u>開冷氣</u>	
16. <u>其他(請寫出)</u>		5. <u>使用排油煙機</u>	
		6. <u>使用電風扇</u>	

時	間	活動類別	地方	室內/室外	交通工具	活動程度	附近抽菸人數	汙染源	室內通風狀況
下午	5:00-5:30								
	5:30-6:00								
傍晚	6:00-6:30								
	6:30-7:00								
夜間	7:00-7:30								
	7:30-8:00								
	8:00-8:30								
	8:30-9:00								
	9:00-9:30								
	9:30-10:00								
	10:00-10:30								
	10:30-11:00								
	11:00-11:30								
11:30-12:00									

時 間	活動類別	地方	室內/室外	交通工具	活動程度	附近抽菸人數	汙染源	室內通風狀況
清 晨	12:00-12:30							
	12:30-1:00							
	1:00-1:30							
	1:30-2:00							
	2:00-2:30							
	2:30-3:00							
	3:00-3:30							
	3:30-4:00							
	4:00-4:30							
	4:30-5:00							
	5:00-5:30							
	5:30-6:00							
上 午	6:00-6:30							
	6:30-7:00							
	7:00-7:30							
	7:30-8:00							
	8:00-8:30							
	8:30-9:00							
	9:00-9:30							
	9:30-10:00							
	10:00-10:30							
	10:30-11:00							
	11:00-11:30							
	11:30-12:00							
下 午	12:30-1:00							
	1:00-1:30							
	1:30-2:00							
	2:00-2:30							
	2:30-3:00							
	3:00-3:30							
	3:30-4:00							
	4:00-4:30							
	4:30-5:00							
	5:00-5:30							