

第一章 緒論

1.1 前言

目前環境保護署以污染物標準指標 (Pollutant Standard Index, PSI) 來評估空氣品質狀況，將 PSI 值 100 作為評估空氣品質「普通」與「不良」之界線，以及用 PSI 大於 100 之站日數比例訂定未來空氣品質目標，以提供社會大眾一種簡單明瞭的空氣品質指標，並給予民眾及政府單位於發生空氣污染事件日時能有所因應。台灣地區 PSI 值之訂定為利用污染物平均濃度換算為副指標所得，大致架構沿用美國環保署之指標，每日 PSI 值主要以五種主要污染物副指標值 (PM₁₀、SO₂、CO、NO₂ 及 O₃) 之最大值表示，然而卻無法同時反應多種污染物之危害程度，特別是針對敏感族群更是重要(Radojevic and Hassan, 1999; 王秋森, 1999)，然而以選取每日最大副指標值之方法應用於遞減型指標時往往會產生偏差情形，包含模糊 (ambiguity) 與遮蔽 (eclipse) 兩個現象 (Swamee and Tyagi, 1999)，故無法提供正確資訊給予民眾。

依據環保署空保處文獻資料指出 (環保署, 2000)，中部空品區以懸浮微粒污染情形較嚴重，近年來已增至 72%；臭氧污染雖較少造成空氣品質不良情形，但污染物濃度值有上升之趨勢。目前中部最大的固定污染源為台中火力電廠，另鋼鐵業亦有相當貢獻，故台中縣已針對電力業及鋼鐵業，實施全國第一個地方個別加嚴的排放標準，而近年來移動污染源之汽機車排放廢氣亦造成顯著污染。此外，中部在九二一震災中，受創嚴重，災後陸續進行建物拆除及重建工程，且震災造成嚴重的土石崩塌，短期復原困難，使粒狀物污染潛勢增高。

而目前台灣地區空氣品質相較不理想的高屏空品區已較過去有顯著提升，1994 年之前每年不良日數約 65 天，1999 年已降為約 45 天。主要指標污染物，1996 年以前以懸浮微粒較多，1997 年以後比重則明顯降低，1999 年空氣品質不良日數中懸浮微粒佔 44%，而臭氧比率升高為 56%，二者已均為管制重點；目

前個別測站空氣品質較不佳者能多位於此空品區內，1999 年不良比率最高者為潮州（31.8%）。

1.2 研究動機與目的

有鑒於中部空品區及高屏空品區空氣品質之惡化，以及現行環保署評估空氣品質狀況之 PSI 產生之偏差，故本研究將研擬以污染物平均濃度為基礎之空氣品質指標，透過蒐集其他國家使用的空氣品質指標系統，以及國內外學者相關研究，就其污染物濃度轉換指標基準、副指標結合方式及架構方面進行探討比較，並參考李俊毅與丘依樞（1996）所提及以熵函數為觀點探討指標，以及袁君秋（2002）之新空氣指標（new-Air Quality Index, new-AQI）所運用之指標分級尺度，選擇適合本土性的方式，並依據環保署以往空氣品質監測資料以建立多元空氣品質指標（Revised Air Quality Index, RAQI），提供未來空氣品質指標的評估及修訂參考。

1.3 研究架構

本研究架構共分五章。第一章為緒論，說明研究動機及目標；第二章為文獻回顧，分為台灣空氣品質指標制度演進、各國空氣品質指標系統探討、國內指標研究文獻回顧及空氣污染物對人體健康影響。第三章為資料來源與研究方法，說明資料來源與處理，建立多元空氣品質指標（RAQI）系統，並針對 RAQI 公式進行演算探討。第四章針對空氣品質現況與歷年變化趨勢、RAQI 與 PSI 差異比較、RAQI 運用於都會測站比較及中部及高屏空品區空品區空氣品質分析等四點探討 RAQI 運用結果與討論。第五章為結論與建議。

Fig.1-1 為本研究架構圖。

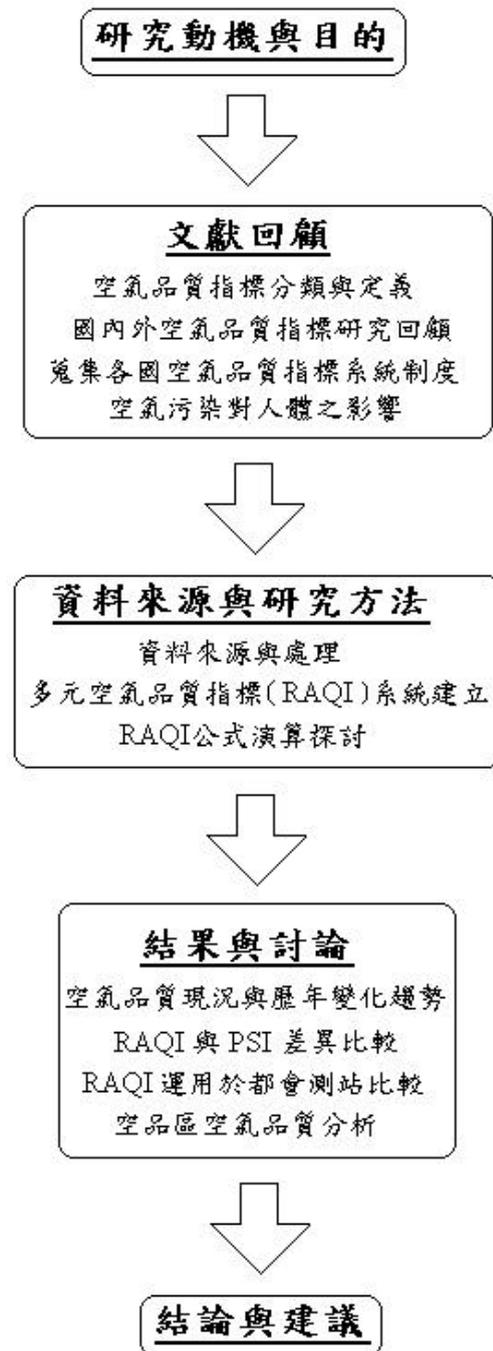


Fig. 1-1 Flowchart of research

第二章 文獻回顧

2.1 空氣品質指標定義與分類

2.1.1 空氣品質指標定義

Ott (1978) 為研究環境指標的先驅者，在其所著的「Environmental Indices : theory and practice」一書中指出指標 (indicators) 與指數 (indices) 的差異；指標是由一種污染物參數所得的一個量化的數值，此數值可能是直接量測所得，或是再經模式化後計算所得的，因此也稱為次指數 (subindices)。指數 (indices) 是由兩個或兩個以上的指標 (indicators) 或次指數 (subindices) 經結合計算所得的數值；由上述得知指標表示特定污染物的污染程度，而指數表示數項污染現象的綜合表現。以我國使用中的空氣污染指標 (PSI) 為例，依 Ott 定義分析，屬於表現空氣品質狀態的指標，為整體環境品質指數的一部分。而指標的建立雖可簡化複雜的環境現象，同時也省略了若干環境資訊量 (游靜秋, 1997)，依不同使用者的需求將資料濃縮而形成一個金字塔型的指標階層圖 (Fig.2-1)。

空氣品質指標是環境品質指數的一部分，用以評估一個地區或國家的空氣品質良窳或空氣污染嚴重的程度，其結果取決於數種不同的空氣污染物濃度。若直接使用空氣品質監測站的污染物監測值來表示一個地區的空氣品質，將因資料種類過多及複雜性而無法很清楚的使人了解其意義。一般指標有兩個基本型式一為遞增型指標，另一為遞減型指標 (Ott, 1978)；遞增型指標稱為「污染指標」，即指標值隨污染物增加程度而增加，當指標值等於 0 時，代表沒有污染或污染極輕微，當指標值等於 100 時代表污染嚴重，而我國現行 PSI 即為此類；遞減型指標稱為「品質指標」，即指標值隨污染減少程度而減少，當指標值等於 0 時，代表污染嚴重並且品質惡劣，當指標值等於 100 時，代表品質極佳。

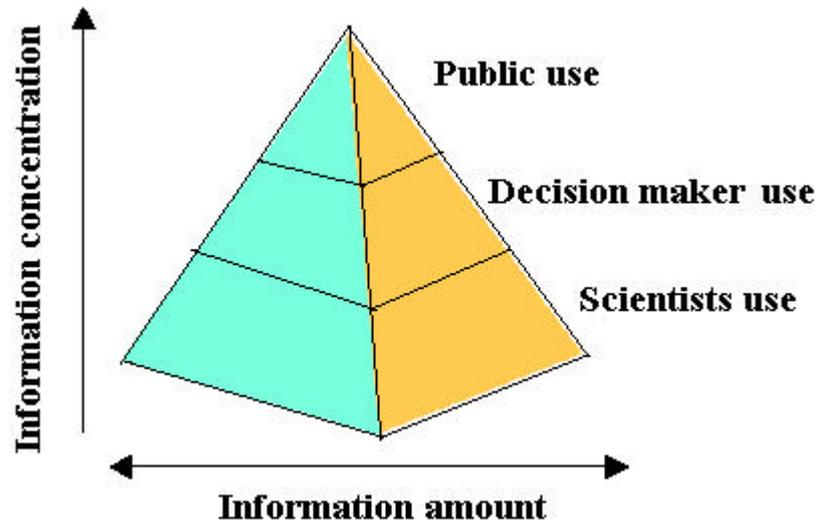


Fig. 2-1 The order of establishment index. (袁君秋, 2002)

2.1.2 空氣品質指標分類

許多學者針對空氣品質指標之建構方式、用途與產生偏差之情形，將空氣品質指標分類比較分析 (Ott and Thom, 1976^a；黃宗煌, 1995；李俊毅, 1996)。

(一) 依指標建構方法分類

a. 物理法 (physics method): 研究者以受體污染暴露過程及污染對受體反應程度中，對於相關因子分布與變動情況以函數化方式表示，亦即以數學公式或電腦程式，以數學表格或圖形來表示。由於該法往往因研究者偏重於理論的判斷，可能產生偏差。

b. 統計法 (statistic method): 收集受體暴露量或反應程度及其他相關因子之資料，經過統計方法 (迴歸或變數分析) 加以整合，以探討暴露量與暴露過程中其他相關因子之相關方程式。

c. 物理統計法 (physics-statistic method): 結合上述物理及統計法的要素，藉以減少研究者主觀產生之偏差，以增加指標解釋能力。

(二) 依指標用途分類

a. 比較性 (comparative): 即指標內容包含較周全情形，可作為不同時間或

空間之污染狀況比較，但由於因考慮過於周嚴，而可能產生無法釐清彼此間量化關係及反應函數，同時亦因指標內容無法獲得即時數據進行即時報告。

b. 現況警示性 (premonition)：當指標內容資料皆可獲得即時數據並進行即時報告時，即具備現況警示功能，但其缺點在於指標內容資料包含不夠廣，致使代表性不足用為比較用途。

c. 現況警示比較性 (premonition comparatively)：即指標內容資料能包含重要資料且能獲得即時數據，並且釐清彼此間量化關係及反應函數，因此兼具現況警示及比較性。

(三) 依指標偏差分類

a. 模糊現象 (ambiguity)：即污染物危害環境不至於如指標值所顯示般嚴重，一般發生於利用副指標值線性相加型結合函數，以線性相加來決定總指標值之情形，或以副指標值根方相加型之結合函數方法時出現模糊現象，而簡單而言模糊現象亦指產生誇張污染損害之慮。

b. 遮蔽現象 (eclipse)：即污染損害應較指標值嚴重，通常發生於利用副指標值之權重相加或以算數平均來決定總指標值之情況，或利用副指標值根方相加之遞減型指標時出現遮蔽現象，而簡單而言遮蔽現象易使指標值低於最大可能污染損害。

2.2 國內外空氣品質指標研究回顧

2.2.1 Green's Combined Index

係由 Green (1966) 所發展，其中包括兩個污染參數：二氧化硫和不透光係數(Coefficient of Haze, COH)，其副指標的計算方式如下：

$$\text{SO}_2 (\text{ppm}) : I_1 = 84C^{0.431}$$

$$\text{COH} : I_2 = 26.6C^{0.576}$$

主指標是由副指標取算術平均計算而得，亦即：

$$I=(1/2) (I1+I2)$$

以三個等級來報告空氣品質即：「良好等級」(I=25)、「警戒等級」(I=50)及「惡化等級」(I=100)。

Green's Combined Index 為最早發表的函數化指標之一，其中副指標是藉由統計方法來構成的，其功能主要在於比較污染程度，藉以進行適當空氣污染控制措施，而非用於每日報告空氣品質之現況或預警用。但因 Green's Combined Index 僅包括 SO₂ 與 COH 二個測定項目顯見並不周全，並不適宜用來代表不同時間或空間之污染程度的比較，主指標採以權重線性之結合方式，但可能產生遮蔽偏差現象。目前世界各地多不再以 COH 來量度懸浮微粒的污染情形，取而代之以 TSP 或 PM₁₀ 的質量濃度來表示。

2.2.2 Air Quality Index (AQI)

Fensterstock (1969) 發展出 AQI，它是一個利用空氣污染物之排放量及大氣狀況之資料，經 Miller 和 Holzworth 所發展的大氣擴散模式來計算污染物之濃度 (Miller et al., 1976)，進而換算成指標。此指標以一氧化碳 (CO)，懸浮微粒 (TSP)，二氧化硫 (SO₂) 為污染變數，其計算方式為：

$$AQI = \sum_{i=1}^3 W_i I_i$$

其中 I₁=CO 之副指標，I₂=TSP 之副指標，I₃=SO₂ 之副指標，W_i 則需視大氣狀況來決定。AQI 可用在空氣品質監測資料較不足處，或用來預估及比較一個地區的空氣污染潛勢，但由於是推估量並不適合來作為報告每日的空氣品質現況，屬於物理建構法，因此主指標採權重線性之結合方式可能會有遮蔽偏差現象。

2.2.3 PINDEX

1970 年 Babcock 等建構 PINDEX 指標 (Babcock, 1970)，此指標是第一個使用七種污染變數，而光化污染有關之反應機制亦被考慮於指標之中。Babcock 認

為指標需兼顧傳遞空氣品質資訊給大眾以及協助行政者選擇空氣防制政策。由於當 PINDEX 建立時，美國大氣品質標準（NAAQS）尚未制定完成，故 PINDEX 乃是以加州空氣品質標準制定。每一副指標以簡單的線性方程式計算而得，而全指標乃是利用副指標線性相加結合而得，其公式如下：

$$PINDEX = \sum_{i=1}^7 I_i$$

其中 $I_i = C_i/S_i$ ， C_i 為污染物 I 的測值， S_i 為污染物 i 的空氣品質標準，七種污染變數包括 CO、SO₂、NO₂、O_x、TSP、HC_x 及 SO₂ × TSP。屬於物理建構法，雖為比較性質指標，若能釐清全指標值之代表涵義，應可作為現況預警之用，但由於線性相加的結果，此指標將難以避免的模糊偏差現象。

2.2.4 MITRE Air Quality Index (MAQI)

MAQI 之計算所使用之污染物濃度為每年之極大值，由 Bisselle，Lubore 與 Pikul 所發表（Bisselle et al., 1972）。

MAQI 之副指標計算使用不同平均時間之國家空氣品質標準，以一氧化碳（CO）為例，其對應的 NAAQS 有兩種平均時間濃度標準，MAQI 對 CO 之副指標如下：

$$I_1 = \sqrt{(C_8/S_8) + d(C_1/S_1)}$$

其中 C_8 =CO 濃度（8 小時極大值）； S_8 =8 小時 NAAQS（ $S_8=9\text{ppm}$ ）； C_1 =CO 濃度（1 小時極大值）； S_1 =1 小時 NAAQS（ $S_1=35\text{ppm}$ ）； $d=1$ 假如 $C_1>S_1$ ，否則 $d=0$ 。

$$MAQI = \left(\sum_{i=1}^5 I_i^2 \right)^{1/2}$$

其它指標污染物尚包括二氧化氮、光化氧化劑、懸浮微粒及二氧化硫，MAQI 為物理建構法，具比較功能，但線性相加結合方式，會有模糊偏差產生。

2.2.5 Extreme Value Index (EVI)

EVI (Bisselle et al., 1972)與 MAQI 不同點在於副指標取法的差異在於 EVI 是針對超過 NAAQS 標準時之累計 ppm-hours 之值，來代表各污染物之副指標；CO 的副指標可計算如下：

$$I1 = \sqrt{(C8/S8) + d(C1/S1)}$$

其中 C8=CO 之 8 小時濃度高於 NAAQS 之累計 ppm-hours 值；S8=8 小時 NAAQS (S8=9ppm)；C1=CO 之 1 小時濃度高於 NAAQS 之累計 ppm-hours 值；S1=1 小時 NAAQS(S1=35ppm) 另外 EVI 主指標之計算不包括二氧化氮，其表示如下：

$$EVI = \left(\sum_{i=1}^4 I_i^2 \right)^{1/2}$$

而指標污染物尚包括光氧化劑、懸浮微粒、二氧化硫。此指標為物理建構法具比較性功能。MAQI 與 EVI 兩者可以相輔相成，一個報告全污染物濃度最高值，另一個則代表惡劣指標發生的頻率。

2.2.6 Short Time Averaging Relationships to Air Quality Standard Air Quality Index Model (STARAQS AQI Model)

Miller(1973)提出一個短時程(即一小時)的空氣污染指標，稱為 STARAQS。此指標利用過去一年空氣品質監測知統計資料，外插出污染物中未訂 1 小時 NAAQS 之等效 1 小時 NAAQS 標準，並用監測站的一小時平均值和等效一小時 NAAQS 標準之比值來計算污染物的副指標。STARAQS 指標值為各污染物副指標值之最大者，或者 $STARAQS = \max(I_1, I_2, \dots, I_6)$ ，其中： I_1, I_2, \dots, I_6 分別為 CO，NO₂，氧化劑，TSP，COH，SO₂ 的副指標。此標準優點是報告每小時的指標值，但若污染物未定一小時之 NAAQS 標準而需推斷等效一小時 NAAQS 標準時，並無可靠證據顯示其推算合理；屬物理建構法，具現況預警功能。另外此計算公式以主指標利用最大操作型函數來結合副指標，可能有相對模糊與遮蔽偏差。

2.2.7 Canadian Air Quality Indices (Canadian AQI)

Inhaber 於 1974 年(Inhaber, 1975)研究建議加拿大政府一套環境品質指標, 包括空氣、水及土壤指標。在空氣品質方面, 它包含三個副指標: (1)特定污染物指標 Ia。(2)都會區空氣品質指標 Ib。(3)工廠排放指標 Ic。

特定污染物指標 Ia 是以 CO, NO₂, 氧化劑, TSP, COH, SO₂ 之測值及加拿大之空氣品質目標(類似美國之 NAAQS)計算而得。都會區空氣品質指標 Ib 是以估算都會中心空氣品質為目的, 由飛機場之可見度計算, 並用大氣溼度校正而得。工廠排放指標 Ic 主要是為了反應工廠排放造成空氣品質的影響, 他利用加拿大全國之污染源檔案及排放量而計算, 並考慮 EQI 中之空氣品質指標以權重的均方跟和之方式結合 Ia, Ib, Ic 如下:

$$EQI = \sqrt{0.5Ia^2 + 0.3Ib^2 + 0.2Ic^2}$$

上式中, 愈重要的副指標其對應的權重值愈大, 此指標屬物理建構法, 結合方式可以減少但無法避免遮蔽效應的產生。不過若強調在比較性用途上, 遮蔽效應可較不重視。

2.2.8 日本神奈川縣之複合污染指標

本指標共採用了五種污染物: 二氧化硫(SO₂), 二氧化氮(NO₂), 一氧化碳(CO), 懸浮微粒及氧化劑。每個污染物的平均測值除其對應的環境基準值為副指標值, 並取其最大者為環境品質指標(AQI)。報告每日之 AQI 時以 0~0.5 為「清潔」, 0.6~1 為「普通」, 1.1~2 為「污染一級」, 2.1~3 為「污染二級」, 3.1~4 為「污染三級」。每年統計 AQI 在污染一級以上的頻率, 以黑點之大小表示頻率之大小, 繪於神奈川縣內的二十一個區域圖內, 以供民眾參考。此圖並與主要污染物出現的頻率表合併使用, 以供民眾更清楚的環境品質資訊(黃宗煌, 1995)。

基本上本指標與 PSI 之制定方式類似, 均使用最大操作函數之結合運算, 屬物理建構法, 具現況預警功能, 雖較不會產生模糊之現象, 但有可能有相對模糊

與遮蔽偏差。由於此指標未使用曲折點來計算副指標之值，因它僅使用環境空氣品質標準之故，此指標與 PSI 比較而言，更簡單更容易讓人瞭解。

2.2.9 空氣污染健康危害指標

林瑞雄於 1989 年起開始提出 (林瑞雄, 1989; 林瑞雄, 1992), 此指標以學童缺席率與空氣污染程度相關之探討, 利用多變項迴歸法建立一指標結合函數, 各參數解釋程度不高, 但顯示了 SO₂ 及 TSP 的正相關程度較高, 而 O₃ 的相關程度較低或成負相關, 與醫學證據相符。

2.2.10 台灣空氣品質指標 (Taiwan Air Quality Index, TAQI)

蔡春進與陳重吉 (1992) 提出 TAQI, 其特徵是採用一般人慣用的滿分 100 分為尺度, 並採用最小操作函數為結合函數, 以副指標值=80, 表示污染物的濃度恰符合國家空氣品質標準; 以副指標值=90, 表示污染物的濃度恰符合國家空氣品質標準的一半; 以副指標值=100, 表示污染物的濃度值為零; 當副指標值小於 80 時, 各曲折點的對應濃度可使用空氣品質嚴重惡化緊急防制辦法內規定之各級惡化濃度值。而黃宗煌 (1995) 更進一步提出一綜合性 TAQI 架構, 對即結合五個副指標值 I₁~I₅ 成為一綜合指標值的方法:

$$I = \sum_{i=1}^5 a_i I_i$$

其中 I₁ 為目前使用的 PSI 值。I₂ 為有害空氣污染物之排放種類及排放量 (VOC、PAH、重金屬、PC 等)。I₃ 為影響全球環境污染物之排放種類及排放量 (CO₂、CFCs、酸雨等)。I₄ 為空氣污染防治費用。I₅ 空氣品質問卷調查, 能見度、污損、異臭、行人暴露問題等。而其中 a_i 為權重值, 若無相關的研究資料足以定義 a_i, 假設 a_i 均等於 0.2, 此指標的含義與 Green Index 相似可作為一相對性的指標, 屬物理建構法, 結合方式無法避免遮蔽效應的產生。不過若主要在於相對比較性用途, 偏差效應可較不重視。

2.2.11 小結

將上述各個指標研究文獻，依第 2.2.1 節分類整理成 Table 2-1，以 Green's Combined Index 為例其分類代表符號為

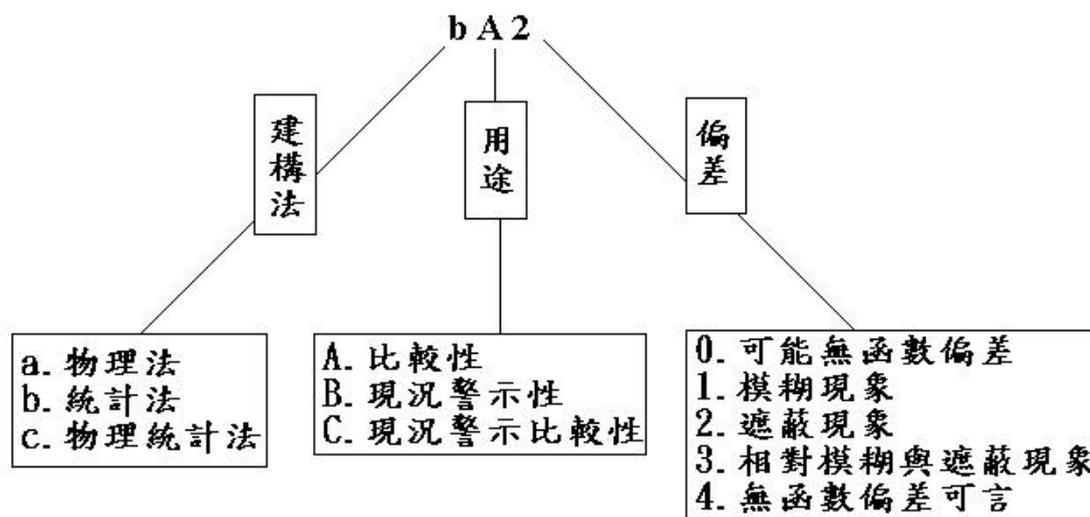


Table 2-1 Classification of air quality index

指標名稱	分類	指標考慮之污染物							
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO ₂	O _x	COH	TSP	其他
Green's Combined Index	bA2		✓					✓	
AQI, Air Quality Index	aA2		✓	✓				✓	
PIINDEX	aB1		✓	✓	✓	✓		✓	✓ (HCx&TSP*SO ₂)
MAQI	aA1		✓	✓	✓	✓		✓	
EVI	aA4		✓	✓		✓		✓	
STARAQS AQI Model	aB3		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Canadian AQI	aA2		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
日本神奈川複合污染指標	aB3		✓	✓	✓	✓		✓	
學童健康影響指標	bC4								✓
綜合性 TAQI	aA2	✓	✓	✓	✓	✓			✓

參考來源：李俊毅 (1996)

2.3 各國空氣品質指標系統制度

2.3.1 我國空氣品質指標

我國自民國 73 年參考美國環保署使用之污染標準指標，建立我國空氣品質指標，民國 78 年起參考美國修正之 PSI 系統以修訂我國系統並沿用至今。空氣品質監測站分為一般、交通、工業、國家公園及背景等五類測站，主要污染物分為五種：PM₁₀、SO₂、CO、NO₂ 及 O₃，將監測所得污染物濃度轉換副指標值，選取當日最大副指標值為當日指標污染物，Table 2-2 即污染物濃度轉為 PSI 值之對照表。PSI 值在 100 以下表示當日空氣品質符合美國環境空氣品質標準中之短期（24 小時或更短）之平均值，PSI 值 100 以上，依美國環保署研究，對身體狀況較不好或較敏感族群，會使症狀惡化，如 Table 2-3 所示為 PSI 值對健康影響效應說明。

Table 2-2 Breakpoints for PSI

PSI	污染物				
	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (ppm)	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)
	24hr	24hr	8hr	1hr	1hr
50	50	0.03	4.5	--	0.06
100	150	0.14	9.0	--	0.12
200	350	0.30	15.0	0.6	0.20
300	420	0.60	30.0	1.2	0.40
400	500	0.80	40.0	1.6	0.50
500	600	1.00	50.0	2.0	0.60

註：「--」表示無對應之值

資料來源：環保署（2003）

Table 2-3 The index range and descriptor category

PSI	定義	健康影響說明
0~50	良好	此指標範圍內，不影響健康，民眾不需要採取預防措施
51~100	普通	對身體較弱族群，如心臟病患呼吸器官疾病患者等，健康無影響
101~199	不良	較敏感族群會有輕微惡化現象
200~299	極不良	心肺疾病患者明顯惡化，一般民眾可能有不適症狀，應都待在室內並減少活動
300~399	有害	對身體除症狀顯著惡化並減低一般人活動能力
400~500	有害	可能造成疾病患者及老人提早死亡，一般民眾將出現影響生活情況

資料來源：環保署（2003）

2.3.2 美國空氣品質指標制度

污染標準指標（Pollutant Standard Index, PSI）是 1976 年美國政府建立一空氣品質指標制度（Ott and Thom, 1976^b），該制度是美國環保署與環境品質諮詢會（Council on Environmental Quality, CEQ）因調查發現 55 個城市中，各環保單位各自引用不同指標與不同污染物約有 14 種，以提供當地空氣品質狀況，常令民眾混淆，故計畫建立一個具全國統一之指標，該指標需容易被民眾了解且須包含主要污染物及適用於未來之污染物。PSI 採用國家環境空氣品質標準（National Ambient Air Quality Standards, NAAQS）及空氣污染事件標準顯著之有害污染濃度，以線性內插函數來計算污染物之副指標值。Table 2-4 為污染物濃度轉換 AQI 對照表。

Table 2-4 Comparison of transforms pollutants concentration

AQI	24-hrPM ₁₀ μg/m ³	24-hrPM _{2.5} μg/m ³	24-hrSO ₂ ppb	8-hrCO ppm	1-hrNO ₂ ppb	8-hrO ₃ ppb	1-hrO ₃ ppb
0~50	50	15	30	4	--	60	--
51~100	150	40	140	9	--	80	--
101~150	250	65	220	12	--	100	160
151~200	350	150	300	15	--	120	200
201~300	420	250	600	30	650-1240	400	400
301~400	500	350	800	40	1250-1640	--	500
401~500	600	500	1000	50	1650-2040	--	600

註： (1) 一般地區 O₃ 以 8 小時平均值計算，有些地區以 1 小時平均值計算。
 (2) NO₂ 沒有短期的 NAAQS 值，故只計算 AQI 值 200 以上。
 (3) 8-hr O₃ AQI 大於 300 以上沒有定義，須以小時平均為基準。

美國環保署於 1999 年依據清淨空氣法案第 319 節，對空氣品質之指標進行修正，修正內容為：(1) 增加對敏感族群不健康之描述 (2) 當副指標值超過 100 時，必須說明對此污染物特別敏感之族群的說明 (3) 以顏色報導空氣品質時，分別以 6 種不同顏色代表 (4) O₃ 副指標新增 8 小時平均濃度轉折點 (5) 新增 PM_{2.5} 副指標項目等，並將指標名稱 PSI 改名為 AQI (Air Quality Index)。AQI 各指標污染物對應之濃度值及對健康效應之說明等列於 Table 2-5 所示。

Table 2-5 The influence of AQI and health

AQI	定義	說明					
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO ₂	O ₃
0~50	良好	無	無	無	無	無	無
51~100	普通	無	無	無	無	無	敏感族群應考慮限制長時間戶外活動
101~150	對敏感族群不健康	呼吸疾病者，如氣喘患者應限制長時間戶外活動	呼吸及心臟疾病者，老人及小孩應都限制長時間戶外活動	氣喘患者應考慮限制戶外活動	有循環系統疾病者如心絞痛，應限制繁重活動避免受來源影響	無	小孩、成人及呼吸系統疾病者應避免長時間戶外活動
151~200	不健康	呼吸及心臟疾病者，老人及小孩應避免限制長時間戶外活動，每個人都應限制長時間戶外活動	呼吸及心臟疾病者，老人及小孩應避免限制長時間戶外活動，每個人都應限制長時間戶外活動	小孩、氣喘患者和心肺疾病者應限制戶外活動	有循環系統疾病者如心絞痛，應限制一般活動	無	小孩、成人及呼吸系統疾病者，應避免長時間戶外活動，尤其是小孩
201~300	非常不健康	呼吸及心臟疾病者，老人及小孩應避免限制所有戶外活動，每個人都應限制戶外活動	呼吸及心臟疾病者，老人及小孩應避免限制所有戶外活動，每個人都應限制長時間戶外活動	小孩、氣喘患者和心肺疾病者應待在室內，每個人應避免戶外活動	有循環系統疾病者如心絞痛，應限制活動	小孩、呼吸疾病患者應限制一般或激烈的戶外活動	小孩、成人及呼吸系統疾病者，應避免所有戶外活動，尤其是小孩
301~500	有害	每個人都應避免所有任何活動	每個人都應避免所有任何活動		有循環系統疾病者如心絞痛，應限制一般活動，每個人應限制激烈活動		每個人都應避免所有戶外活動

資料來源：美國環保署網頁（2003）

2.3.3 加拿大空氣品質指標

加拿大空氣指標 (Air Quality Index, AQI) 所代表的五種指標污染物分別為：臭氧 (O₃)、一氧化碳 (CO)、二氧化硫 (SO₂) 及懸浮微粒 (SP) 五種，以當日污染物換算對應的指標，指標之數值是依據國家周界空氣品質目標 (National Ambient Air Quality Objectives, NAAQO) 中規範之污染物與加拿大國家空氣污染監視網 (National Air Pollution Surveillance Network, NAPS) 的空氣品質監測站監測數據，Table 2-6 為污染物轉換指標對照表。每日 AQI 值為當日最嚴重之污染物，其劃分的等級為 4 等級，0~25 表示空氣品質良好，26~50 表示空氣品質普通，51~100 表示空氣品質不良，100 以上表示空氣品質極差。

加拿大安大略省 (Ontario) 於 2000 年起使用新空氣品質指標制度，由地區空氣品質監測網監測數據估算空氣品質指標，以提供當地空氣品質狀況，主要污染物為周界空氣品質標準 (Ambient Air Quality Criterion, AAQC) 規範之 6 種污染物：CO、NO₂、O₃、fine particulate matter 及 total reduced sulphur，其對人體健康及動植物危害之效應如 Table 2-7 所示。安大略省空氣品質指標尺度與加拿大政府制定不同於將指標值 50 以下再細分三等級，0~15 表示非常良好，16~31 表示為良好，32~49 表示普通。

Table 2-6 Transform of pollutant concentration and index in Canada

指標值	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ (ppb)	CO (ppm)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)
	24hr	24hr	8hr	1hr	1hr
25	---	57	5	---	51
50	120	115	13	213	82
100	400	306	17	532	153

資料來源：加拿大環保署網頁 (2003)

Table 2-7 Pollutant index in Canada

污染物	標準值	平均時間	說明
TSP	120 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24hr	能見度
SO ₂	275 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24hr	健康、植物
CO	36200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8hr	健康
NO _x	400 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1hr	健康
O ₃	165 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1hr	健康、植物
TRS	40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1hr	臭度

資料來源：加拿大環保署網頁(2003)

2.3.4 英國空氣品質指標制度

英國空氣品質指標是利用空氣污染對健康效應之醫學與科學所研究的結果，為英國空氣污染資訊服務局（Air Pollution Information Service）用來描述空氣污染程度之狀況，劃分四個等級，指標值為 0~10，其代表意義：指標值 1~3 表示低污染，4~6 表示中度污染，7~9 表示高污染，10 以上代表非常嚴重。

空氣品質的指標污染物及等級設定主要是依據英國國家空氣品質對策（UK National Air Quality Strategy）公佈空氣品質標準，及英國衛生署之空氣污染物健康效應委員會（Department of Health's Committee on the Medical Effects of Air Pollutant）的建議。各種污染物污染程度轉換成空氣品質級段說明於 Table 2-8。

區域性預報及摘要由英國空氣污染資訊服務局提供，主要分為三種區域型態：鄰近繁忙道路的城市及城鎮、城市其他地區、鄉村地區，針對每一個特定區域提供整體的污染程度，各污染物中只要一個污染物污染程度嚴重則代表該區域污染程度為嚴重，而預測報告上將三種區域型態的污染程度狀況同時顯示以供大眾明瞭。

Table 2-8 Transform of pollutant concentration and index in England

指標值	PM ₁₀ (μg/m ³)	SO ₂ (ppb)	CO (ppm)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)
	24hr	15min	8hr	1hr	8hr
1	0~16	0~32	0~3.2	0~49	0~16
2	17~32	33~66	3.3~6.6	50~99	17~32
3	33~49	67~99	6.7~9.9	100~149	33~49
4	50~57	100~132	10.0~11.5	150~199	50~62
5	58~66	133~166	11.6~13.2	200~249	63~76
6	67~74	167~199	13.3~14.9	250~299	77~89
7	75~82	200~266	15.0~16.5	300~332	90~119
8	83~91	267~332	16.6~18.2	333~366	120~149
9	92~99	333~399	18.3~19.9	367~399	150~179
10	100~	400~	20~	400~	180~

資料來源：英國環保部網頁（2003）

2.3.5 澳洲空氣品質指標制度

澳洲空氣品質指標是評估空氣污染情況是否會造成健康危害，計算方法是將空氣品質監測站所監測之污染物最大濃度與污染物標準求百分比，該百分比值即為副指標值，方程式如下：

$$\text{副指標值} = \frac{\text{污染物濃度}}{\text{污染物標準}} * 100$$

所有污染物副指標值中最大者為當日空氣品質之指標污染物，指標之尺度範圍 0~150 劃分 5 等級，0~33 表示空氣品質非常良好，34~66 表示空氣品質普通，67~99 表示空氣品質不良，100~149 表示空氣品質惡化，150 以上表示空氣品質極惡化，當副指標為 100 時，表示空氣品質濃度等於國家環境保護計量 (National Environment Protection Measure, NEPA) 或 (State Environment Protection Policy,

SEPP) 中空氣標準等級。此系統污染物換算對照表如 Table 2-9 所示。

Table 2-9 Pollutant concentration index in Australia

NEPM 指標等級		
污染物	平均時間	最大濃度
PM ₁₀	24hr	50.00µg/m ³
SO ₂	1hr	0.20ppm
CO	8hr	9.00ppm
NO ₂	1hr	0.12ppm
O ₃	1hr	0.10ppm

資料來源：澳洲環保署網頁 (2003)

2.3.6 紐西蘭空氣品質指標制度

紐西蘭之空氣品質指標制度是將副指標污染物依照各污染物濃度基準，依不同比值予以分級，其計算方式與澳洲相似，以監測之污染物濃度值與污染物標準值之百分比值作為副指標值，以最大副指標值為當日該測站之指標值，轉換表如 Table 2-10 所示。

紐西蘭目前正研議規劃第二階段空氣品質指標系統，未來將增加 PM_{2.5}、能見度、苯、苔蘚種類/被覆率等副指標污染物，其對照之指標濃度值尚在研議中。對健康效應說明如 Table 2-11 所示。

Table 2-10 Air quality index in New Zealand

污染物	標準值	平均時間	效應
PM ₁₀	120µg/m ³	24hr	對人體健康影響效應及能見度降低
SO ₂	125µg/m ³	24hr	對人體健康影響效應及植物損害
CO	10mg/m ³	8hr	對人體健康影響危害
NO ₂	300µg/m ³	1hr	對人體健康影響危害及產生棕色煙霧
O ₃	100µg/m ³	8hr	對人體健康影響效應及植物損害

資料來源：紐西蘭環保署網頁（2003）

Table 2-11 Air quality situation in New Zealand

等級	定義	說明
非常良好	與空氣品質標準比值在 10%以下	沒有影響
良好	介於空氣品質標準 10%~33%間	沒有影響
可接受	介在空氣品質標準 33%~66%間	最大值影響敏感地區，但並無應變行動
警戒	介於空氣品質標準 66%~100%間	警戒等級，若未控制住將導致超出標準
行動	超過空氣品質標準值	授權進行重大應變行動

資料來源：紐西蘭環保署（2003）

2.3.7 香港空氣污染指標制度

香港的空氣污染指數是由數種空氣污染物的監測數據換算轉為介於 0~500 的指標值。該指標係根據國際標準所制訂，以評估香港的空氣質素管理情況。

空氣污染指數的數值由 0~500，根據對健康影響不同程度而分為 5 級，其中 100 值與短期香港空氣質素指標（即每小時和每 24 小時指標）是相應。當空氣污染指數超過 100 時，即表示有一種或多種污染物濃度高於健康水平，一些敏感族群的健康可能會即時受影響，Table 2-12 為污染物濃度對應指數值與質素指標

香港環保署每小時會公佈最新的「一般」和「路邊」空氣污染指數，將監測所得的空氣污染物濃度，與空氣質素指標互相比較。主要污染物包括：二氧化氮、二氧化硫、臭氧、一氧化碳和可吸入懸浮粒子。環保署先計算出這 5 類污染物各自對應的空氣污染指數，然後選取最高的數值作為該小時的空氣污染指數。空氣污染指數的預測可以警示嚴重的空氣污染情況，提醒大眾，尤其是敏感族群的人，如患有心臟病或呼吸系統毛病者，在必要時採取預防措施。

Table 2-12 Pollutant concentration index in Hong Kong

指數值	TSP	SO ₂		CO		NO ₂		O ₃
	24hr	24hr	1hr	8hr	1hr	24hr	1hr	1hr
0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	28	40	200	2500	7500	40	75	60
50	55	80	400	5000	15000	80	150	120
100	<u>180</u>	<u>350</u>	<u>800</u>	<u>10000</u>	<u>30000</u>	<u>150</u>	<u>300</u>	<u>240</u>
200	350	800	1600	17000	60000	280	1130	400
300	420	1600	2400	34000	90000	565	2260	800
400	500	2100	3200	46000	120000	750	3000	1000
500	600	2620	4000	57000	150000	940	3750	1200

註：加底線之值係香港空氣質素指標短期（1 小時或 24 小時）濃度值
單位：μg/m³

資料來源：香港環保署（2003）

2.3.8 各國空氣品質標準之比較

綜合以上蒐集之各國空氣品質指標系統可以歸納分析出其差異性。由於各國的空氣品質標準定義不同，如美國、香港及我國將空氣品質標準訂定副指標值 100 為標準值，而加拿大、英國、澳洲及紐西蘭則有其訂定之標準，故針對各國

符合空氣品質標準副指標值所對應的濃度值，分別整理於 Table 2-13，並就其計算方式、類型與標準尺度彙整於 Table 2-14。本研究將各國空氣品質指標制度之差異整理如下：

- a. 標準濃度不同：各國空氣品質指標對應濃度標準不一，如 PM₁₀ 基準濃度以英國、澳洲 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 最嚴格，香港 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 標準最為寬鬆；SO₂ 基準濃度以紐西蘭 0.04ppm 較嚴格；NO₂ 基準濃度以澳洲較嚴格；CO 基準濃度以紐西蘭及香港 8.7ppm 最為嚴格，加拿大 15ppm 最為寬鬆；O₃ 基準濃度若以 8hr 標準則紐西蘭 0.047ppm 最為嚴格，英國次之，而美國較為寬鬆，以 1hr 標準則加拿大 0.08ppm 最為嚴格，澳洲次之，台灣與香港較為寬鬆（0.12ppm）。
- b. 採用平均時間不同：如加拿大、澳洲、香港及我國 O₃ 採 1 小時平均，而美國、英國、紐西蘭採 8 小時平均值。
- c. 計算方式：各國指標轉換方式不同，我國、美國、加拿大、英國及香港是將污染物濃度對應空氣品質指標值轉換，而澳洲與紐西蘭為污染物濃度與污染物標準值之百分比。
- d. 數學計算類型：美國、加拿大、英國、香港及我國皆採用線段線性函數，即以線性內插函數來計算副指標值，澳洲及紐西蘭則採用線性函數法計算（袁君秋，2002）。
- e. 指標代表不同區域之空氣品質：美國、加拿大、澳洲及紐西蘭直接報導各測站之空氣品質狀況，英國及香港各測站之指標值即代表該測站所在地區之空氣污染狀態，而我國除了以測站報導外，也以空氣品質區為報導單位。

綜合以上結果有關 NO₂ 之標準，目前我國 NO₂ 於 PSI 值為 100 時，並無對應之值，而 5 種污染物中以 NO₂ 對呼吸道疾病門診率的相關強度最大（黃景祥，2000），而國外研究指出 NO₂ 與上呼吸道疾病及氣喘的發作有顯著相關（Pershagen et al., 1995），林瑞雄（1999）認為 NO₂ 的短時暴露限制為 0.11ppm，長期健康觀點則降至 0.023ppm，而目前我國法規規定之空氣品質標準值訂為小時平均值 0.25ppm，年平均值为 0.05ppm，至目前為止，NO₂ 年平均值为 0.021ppm，小時

平均值之最高值為 0.272ppm，小時值曾超過法規標準值但 PSI 卻無法顯示其空氣品質不良狀況。現行法規標準值與各研究報告之值也不同，而人類每日暴露於環境中，因此法規標準值的合理性與訂定出一個安全暴露值值得探討。

Table 2-13 Comparison of air quality standard value in each country

污染物		台灣	美國	加拿大	英國	澳洲	紐西蘭	香港	
PM ₁₀	濃度值	150 μg/m ³	150 μg/m ³	120 μg/m ³	50 μg/m ³	50 μg/m ³	120 μg/m ³	180 μg/m ³	
	平均時間	24hr	24hr	24hr	24hr	24hr	24hr	24hr	
SO ₂	濃度值	0.14 ppm	0.14 ppm	0.3 ppm	0.1 ppm	0.2 ppm	0.04 ppm	0.13 ppm	0.30 ppm
	平均時間	24hr	24hr	24hr	15min	1hr	24hr	24hr	1hr
CO	濃度值	9.0 ppm	9.0 ppm	15.0 ppm	10.0 ppm	9.0 ppm	8.7 ppm	8.7 ppm	26.2 ppm
	平均時間	8hr	8hr	8hr	8hr	8hr	8hr	8hr	1hr
NO ₂	濃度值	--	0.053 ppm	0.4 ppm	0.15 ppm	0.12 ppm	0.15 ppm	0.07 ppm	0.15 ppm
	平均時間	1hr	annual	1hr	1hr	1hr	1hr	24hr	1hr
O ₃	濃度值	0.12 ppm	0.08 ppm	0.08 ppm	0.05 ppm	0.10 ppm	0.047 ppm	0.12 ppm	
	平均時間	1hr	8hr	1hr	8hr	1hr	8hr	1hr	
PM _{2.5}	濃度值	--	65 μg/m ³	--	--	--	--	--	--
	平均時間	--	24hr	--	--	--	--	--	--

註：(1) 各國符合空氣品質標準副指標值所對應的濃度值

(2)「--」表示無對應之值

Table 2-14 Comparison of air quality index system in each country

項目		台灣	美國	加拿大	英國	澳洲	紐西蘭	香港
指 標 值	污染物濃 度對應指 標值轉換	√	√	√	√	--	--	√
	轉 換 方 式							
數 學 計 算	污染物濃 度與污染 物標準值 之百分比	--	--	--	--	√	√	--
	線段線性 函數法	√	√	√	√	--	--	√
指 標 值	直線線性 函數法	--	--	--	--	√	√	--
	指標尺度	0-500	0-500	0-100	1-10	0-150	0-100%	0-500
指 標 值	標準等級	100	100	50	4	66%	66%	100
	指標值代 表之區域	各地區 測站	各地區 測站	各地區 測站	交通繁忙區 一般城市區 鄉村地區	各地 區測 站	各地區 測站	一般與 道路地 區

註：(1)「√」表示該國採用此方式

(2)「--」表示無此方式

2.4 空氣污染對人體之影響

空氣中的空氣污染物主要包含了總懸浮微粒 (TSP)、二氧化硫 (SO₂)、一氧化碳 (CO)、二氧化氮 (NO₂) 及臭氧 (O₃) 等。接觸空氣污染物對健康造成潛在影響的性質及程度，視乎下列因素而定：

1. 污染物特性：化學性質-化學結構。

物理性質-大小、形狀、可溶性及蒸氣壓力。

毒性-污染物對生物組織造成損害的能力。

2. 接受者：包括基因、性別、個人習慣、日常飲食、年齡、工作環境等。

3. 接受劑量：個人接受的劑量、劑量-反應關係。

4. 環境：溫度、溼度、日照或其它污染物的存在等。

Fig.2-2 為一劑量-反應曲線之示意圖。由劑量-反應曲線可以得知污染物對於人體造成影響之極限含量為何。然而劑量-反應曲線的繪制必須配合完善的生理實驗，並且在劑量-反應曲線中，我們只能夠瞭解每個污染物個別對於人體的實際影響量，當多種污染物同時存在時，會造成污染物之加成效應，其影響會較每個污染物對人體影響之加總還要大。

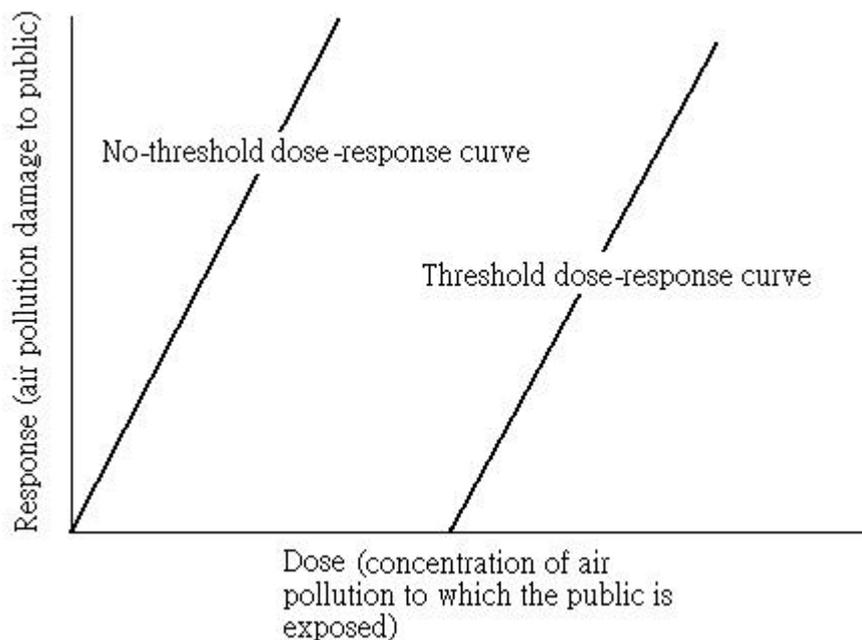


Fig. 2-2 Threshold and no-threshold dose-response curve (張家豪，2002)

Table 2-15 為一般都市中常見的空氣污染物及其主要排放來源。由於各個都市的型態不同，所產生的污染物也會不同。一般來說，人口稠密的商業都市，並

無大型工業區存在時，其主要污染來源為移動性污染源；若是具有大型工業區存在者，則主要以固定污染源為主要排放來源。當人體吸入過量或濃度過高的污染物時，將使得呼吸系統自清作用的負荷大增，導致呼吸系統所沉積的污染物質之平衡濃度過高，進而影響呼吸系統之正常功能，嚴重時甚至死亡。若長期暴露在低濃度的污染中，可能使纖毛的活動力降低，清除速率減緩，增加毒性物質在體內停留的時間，甚至無法清除。各種污染物對於人體的影響如下(環保署, 2000)：

1. 總懸浮微粒 (TSP)：大氣中的總懸浮粒子對健康的影響，視乎粒子進入及積聚於呼吸系統內的能力而定。由於可吸入懸浮粒子(即直徑 10 微米或以下的粒子)能夠進入及積聚在肺部深處，最有可能對健康造成不良的影響。據研究觀察發現，可吸入懸浮粒子對人體健康的影響包括引致呼吸系統疾病(如呼吸急速、咳嗽及氣喘)，除使原有的呼吸疾病病情惡化，並且破壞肺部組織。慢性肺病、心臟病、流行性感冒及哮喘病患者，以及老人和兒童對可吸入懸浮粒子的影響最為敏感。
2. 臭氧(O₃)：臭氧的毒性是持續的，臭氧濃度越高、接觸時間越長及接觸臭氧時的活動量越劇烈，臭氧的影響會越嚴重。臭氧對呼吸系統的影響最大，它會刺激鼻部、咽喉及氣管的黏膜。接觸臭氧後的徵狀包括咳嗽、胸口疼痛、咽喉及眼睛刺痛。臭氧會使呼吸系統更容易受感染，嚴重者可能損害肺部的正常功能及引致呼吸系統發炎。一個健康的人在臭氧含量超逾每立方米 20 微克的環境下，作短時間(1 至 2 小時)劇烈運動，呼吸系統可能會感到不適；而在臭氧濃度較低的環境下，長時間(即 6-8 小時)進行一般的運動，也會使人感到不適。至於呼吸系統敏感的人士，如哮喘病或呼吸系統疾病患者，更易受臭氧影響。
3. 二氧化氮(NO₂)：二氧化氮會刺激肺部，減低呼吸系統對病菌(如流行性感冒)的抵抗力。呼吸系統有毛病的人士(如哮喘病患者)更易受二氧化氮影響。二氧化氮可防礙兒童肺部的發育。有研究指出，長期接觸二氧化氮可引致肺部組織結構改變，但至今仍未確定足以造成上述影響的二氧

化氮所需濃度及接觸時間。

4. 二氧化硫(SO₂)：曝露於二氧化硫含量高的環境會破壞呼吸系統的功能，使原有的呼吸系統毛病(特別是支氣管炎)及心臟病的病情惡化。對於敏感的人士，肺部功能的變化會引致一些可察覺的症狀，包括氣喘、呼吸急速及咳嗽。當懸浮粒子與二氧化硫的含量同時偏高時，可使死亡率上升(袁中新，1998)。在各類人中，哮喘病、心臟病或慢性肺病(如支氣管炎或肺氣腫)病患者及兒童和老人對二氧化硫是最敏感的。
5. 一氧化碳(CO)：除森林火災、甲烷氧化及生物活動等自然現象產生外，主要來自石化等燃料之不完全燃料產生，無色無味，分子量為 28，比空氣輕。由於一氧化氮對血紅素的親和力比氧氣大得多，容易造成人體及動物血液和組織中氧氣過低，而產生中毒現象。

Table 2-15 Main emission sources for air pollution

污染物	主要排放來源
懸浮微粒	火山爆發、森林大火、火力發電廠燃燒煤炭、石油及柴油車排煙，以及產生粉塵的工廠和營建道路工程所產生
二氧化硫	燃燒含硫燃料，如火力發電廠、工廠燃燒重油、生煤及汽油引擎車所排放
氮氧化物	機動車輛、火力電廠及工廠鍋爐於高溫燃燒時，由於燃料中氮化物與空氣中過量的氮和氧反應產生氮氧化物，溫度越高時越易產生
臭氧	石化燃料生產過程中，排放出的氮氧化物和碳氫化合物，在空氣中累積，經日光照射，而發生一系列光化學反應的產物
一氧化碳	機動車排放燃燒不完全之廢氣，及煉焦廠、電石工廠等亦為污染源

資料來源：環保署(2000)

第三章 資料來源與研究方法

3.1 資料來源與處理

3.1.1 資料來源

環保署中部空品區（台中縣、台中市、彰化縣及南投縣）共有 11 個空氣品質監測站，高屏空品區（高雄縣、高雄市及屏東縣）共有 16 個空氣品質監測站，由於中部空品區埔里監測站因 1999 年九二一大地震造成測站受損，導致資料不完整，而高屏空品區三民監測站於 2000 年資料亦有大量缺值，故本研究之空氣品質監測站數據採用 1999-2000 年環保署中部空品區（10 站）及高屏空品區（15 站）作為多元空氣品質指標（Revised Air Quality Index, RAQI）結果探討，而屏除埔里測站與三民測站不予列入考量，共計 25 個監測站數據資料，其中包含 20 個大氣監測站、2 個工業監測站、1 個交通監測站、1 個背景監測站及 1 個公園監測站；Table 3-1 為中部空品區及高屏空品區各監測站座標位置與監測項目一覽表；Fig.3-1 為環保署中部空品區及高屏空品區空氣品質監測站分布圖。本研究選取環保署空氣品質監測站測定之主要污染物 PM₁₀、SO₂、CO、NO₂ 及 O₃ 等五項為本指標（RAQI）系統的污染物項目。

3.1.2 資料處理

環保署各測站監測結果透過電信數據線路，每小時自動傳回環保署監測中心，監測中心將資料蒐集後進行處理，利用電腦程式，篩選可疑數據並標註記號，數據資料經過研判確認有效後，公告於環保署全球資訊網站。而本研究所選取環保署空氣品質監測站測定之 PM₁₀、SO₂、CO、NO₂ 及 O₃ 等五項污染物項目，依據環保署有關污染物計量之說明（Table 3-2）判定監測站數據之各種不同期間之平均值是否為有效值。將各種污染物之有效平均值（PM₁₀ 與 SO₂ 為日平均值；

CO 為八小時平均值；NO₂ 與 O₃ 為小時平均值)，依現行 PSI 各副指標污染物等級濃度換算表 (Table 2-2)，換算為各副指標值，再將各副指標值帶入 RAQI 進行結合函數公式運算。

Table 3-1 The detail item of EPA monitoring station

地區	測站名稱	測站位置	經度	分	秒	緯度	分	秒	種類	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO ₂	O ₃
中部 空品區	豐原站	台中縣政府	120	42	20.89	24	14	56.68	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	沙鹿站	文光國小	120	32	53.6	24	13	37.73	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	大里站	大里鄉公所	120	40	14	24	6	3	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	忠明站	忠明國小	120	39	2	24	9	34	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	西屯站	啟聰學校	120	36	33.47	24	9	46.5	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	彰化站	中山國小	120	32	20	24	5	0	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	線西站	民眾服務站	120	27	45.21	24	7	52.33	工業	✓	✓	--	✓	--
	二林站	萬合國小	120	24	5.25	23	55	34.21	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	南投站	縣衛生局	120	40	48	23	54	12	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
竹山站	雲林國小	120	40	9	23	45	30	大氣	✓	✓	✓	✓	✓	
高屏 空品區	美濃站	美濃鎮農會	120	31	32	22	53	12	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	橋頭站	橋頭鄉公所	120	17	52.11	22	45	30.86	背景	✓	✓	✓	✓	✓
	仁武站	八卦國小	120	19	41.77	22	41	17.41	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	鳳山站	曹公國小	120	20	58.88	22	37	43.46	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	大寮站	潮寮國小	120	25	0	22	33	59	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	林園站	汕尾國小	120	24	12.26	22	28	53	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	楠梓站	楠梓國中	120	19	8.11	22	44	0	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	左營站	左營國中	120	17	11.52	22	40	45.23	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	三民站	三民國中	120	18	4	22	38	53	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	前金站	七賢國中	120	16	44.9	22	37	58.79	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	前鎮站	獅甲國中	120	18	1.78	22	36	21.51	工業	✓	✓	--	✓	--
	小港站	港興活動中心	120	20	4	22	34	4	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	屏東站	中正國小	120	28	49.32	22	40	26.55	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	潮州站	潮南國小	120	31	44.53	22	30	46.93	大氣	✓	✓	✓	✓	✓
	恆春站	畜牧試驗所	120	46	49.46	21	57	24.48	公園	✓	✓	✓	✓	✓
復興站	復興國小	120	18	12	22	36	37	交通	✓	✓	✓	✓	--	

註：「--」表示無測定此項目

資料來源：行政院環境保護署

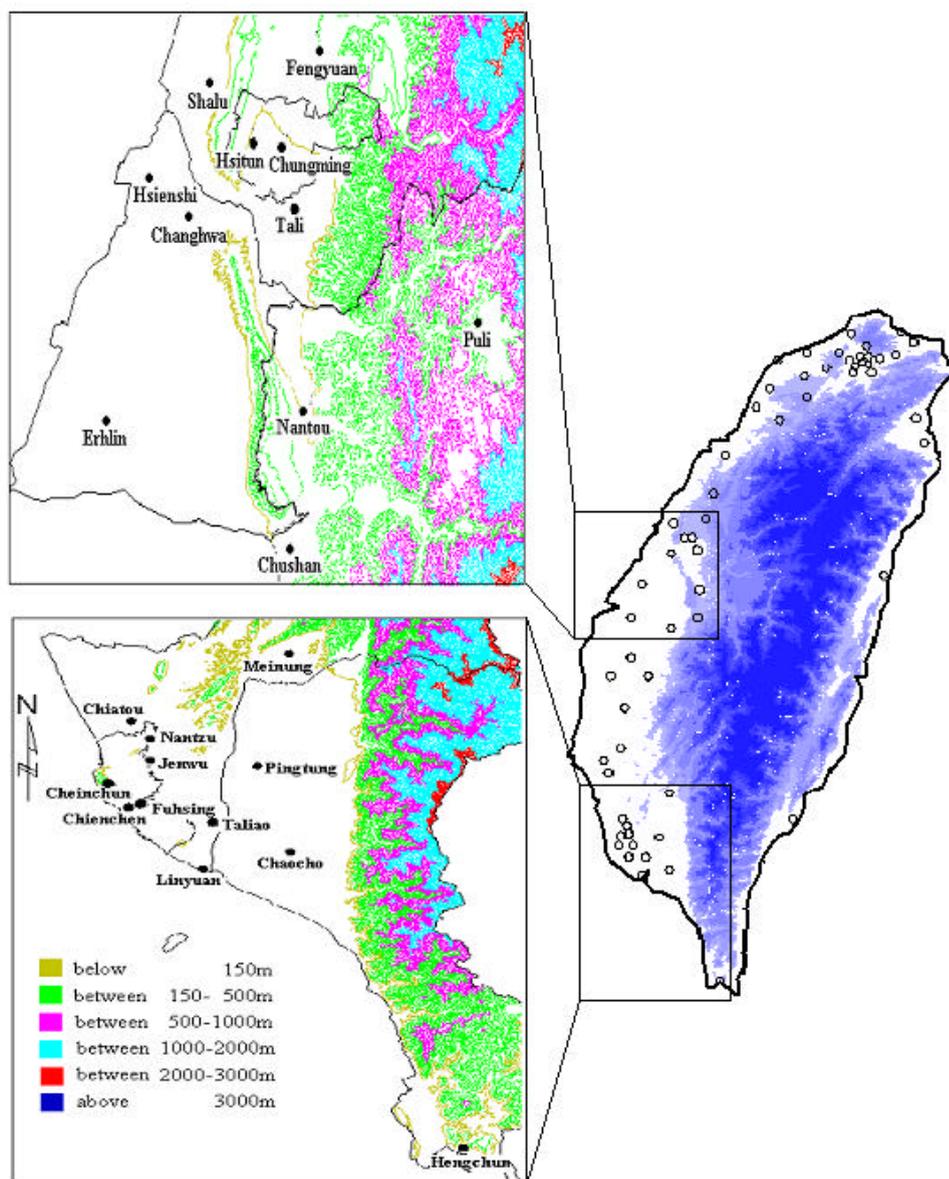


Fig. 3-1 Map of EPA monitoring station (行政院環境保護署)

Table 3-2 Illustration of pollutant calculation

名詞	定義
小時值	一小時內各測值的算術平均值。 我國空氣品質監測網各污染物之自動監測儀器為每小時總取樣個數均應大於或等於 45 分鐘，方為小時有效測值。
八小時平均值	連續八小值之小時平均值之算術平均值。 連續八小值之小時內測定時數超過 5 小時（含），方為八小時有效測值。
日平均值	一日內各小時平均值之算術平均值。 一日內有效小時數應至少達 16 小時以上（含），方為日平均有效測值。
年平均值	全年中各平均值之算術平均值。 一年內之有效時數至少達 6000 小時以上（含），方為年平均有效測值。
測定日數	各監測站只要其中一項污染物有一小時以上（含）監測值，即計算為測定日數。

資料來源：行政院環境保護署

3.2 多元空氣品質指標（RAQI）系統建立

3.2.1 多元空氣品質指標（RAQI）公式

現行環保署 PSI 採用污染物濃度與指標值對照，並輔以線性內插函數來計算各污染物的副指標值後，依最大操作型函數選取 PSI(李俊毅, 1996; Malakos and Wong, 1999), PSI 並無法同時反應多種污染物之危害程度，尤其特別是對敏感族群 (Radojevic and Hassan, 1999)。熵函數方程式 (entropy function) 多年來已運用於大氣能量平衡模式，其分析結果廣泛引人注意 (North et al., 1983; 林振山與楊修群, 1995); 模式之最大優點在於其能簡潔的表達，還可用來研究參數化技術與敏感性評估。不可諱言，正因為如此使得模式的物理真實性受到了一些模糊，此意正是指標之長處。故本研究納入熵函數結合最大操作型函數建構多元空氣品質指標(李俊毅與丘依樞, 1996; 程萬里等, 2003; 郭育誌等, in press)。

$$RAQI = \text{Max}[I_1, I_2, \dots, I_5] \times \frac{\sum_{j=1}^5 \text{Ave}_{\text{daily}}[I_j]}{\text{Ave}_{\text{TT}} \left[\sum_{j=1}^5 \text{Ave}_{\text{daily}}[I_j] \right]} \times \frac{\text{Ave}_{\text{TT}} \{ \text{Entropy}_{\text{daily}}[\text{Max}[I_1, I_2, \dots, I_5]] \}}{\text{Entropy}_{\text{daily}}[\text{Max}[I_1, I_2, \dots, I_5]]}$$

中 I_1, I_2, \dots, I_5 分別為 PM₁₀、SO₂、CO、NO₂ 及 O₃ 五種副指標值，TT 為計算之總時間 (total time)；根據 PSI 值之盲點加以修正公式細說如下：

方程式之首項 $\text{Max}[I_1, I_2, \dots, I_5]$ ，稱為最大操作型函數，即為各副指標之最大值，其可減少遮蔽偏差的產生，此為空氣污染對人體的基本效應，乃目前現行

PSI 之取值。方程式之第二項 $\frac{\sum_{j=1}^5 \text{Ave}_{\text{daily}}[I_j]}{\text{Ave}_{\text{TT}} \left[\sum_{j=1}^5 \text{Ave}_{\text{daily}}[I_j] \right]}$ ，稱為背景算術平均指標值，

用以當作該測站之現況警示比較性，其中概括五種污染物之污染程度，分子項為各副指標之日算術平均值，分母項為各副指標之日平均值後再取年平均。方程式

之第三項 $\frac{\text{Ave}_{\text{TT}} \{ \text{Entropy}_{\text{daily}}[\text{Max}[I_1, I_2, \dots, I_5]] \}}{\text{Entropy}_{\text{daily}}[\text{Max}[I_1, I_2, \dots, I_5]]}$ ，稱為背景算術平均指標熵值，分母

項為經由換算後得到之各副指標取 log 以 10 為底之熵值即為熵函數之日平均值，分子項為每日之熵值平均再取年平均，簡單說，當指標值較平均時即表示污染相對較不嚴重 (entropy value 愈大)，反之當指標值較分散時即污染相對較嚴重 (entropy value 愈小) (郭育誌等，in press)。由於以選取每日最大副指標值之方法應用於遞減型指標時往往會產生偏差情形，包含模糊與遮蔽兩個現象，而模糊現象即污染物危害環境不至於如指標值所顯示般嚴重，發生於利用副指標值線性相加來決定總指標值，亦指產生誇張污染損害之慮；遮蔽現象即污染損害應較指標值嚴重，發生於利用副指標值之權重相加或以算數平均來決定總指標值，易使指標值低於最大可能污染損害(Ott and Thom, 1976^b；United Nations, 1984；Swamee and Tyagi, 1999)。由上述三項函數之優點是可以站在污染物最低效應的基礎，進一步的考慮其他污染的存在，並區分歧分布狀況，以此物理推論為開始，此指標不但具有比較性的功能，且考慮了可能產生之偏差令其降到最低。

3.2.2 熵

熵函數源自熱力學，除熱力學之熱熵(thermal entropy)以外，且廣泛應用在化學、統計、資訊學上為評估衡量資料中的混亂程度，稱為資訊熵(information entropy)。資訊熵又是物質熵(matter entropy)的一種，表示一物質對於某種目的所具「有用性」之程度，資料分類中，有相關文獻探討過資訊含量，並應用熵函數來建立決策樹(decision trees)，其原理就是利用熵函數來評估決策資料中哪個資料所含的資訊含量最低，資訊含量最低者表示它所含有樣式最少，因此可以用作為決策樹的頂點(陳志安，1999；Ross, 1986)。

在統計學上的熵指數係由數學家 Shannon 所建立，Shannon(1948)基於一個系統的熵(entropy)可以用系統狀態之機率的對數平均值來表示的理念將 entropy 引介到資訊理論中來，亦使 entropy 成為資訊理論(information theory)與統計力學(statistical mechanics)之間最重要的接觸點。並於其研究中提出 $I(E)=\log(1/P(E))$ ，亦即 E 為發生機率為 P(E)的某事件，當事件發生便得到 I(E)單位的資訊。本研究即利用 Shannon's Entropy Function 為工具，提出多元空氣品質指標建議方案。

3.2.3 指標尺度分級建立

本研究同時參考新空氣品質指標(new-Air Quality Index, new-AQI) 尺度分級(袁君秋，2002)，該指標尺度建立於我國 PSI 系統架構上，以空氣品質不良狀態的指標污染物 O₃ 為指標 0-200 尺度劃分等級之基礎。以 1996-2002 之副指標污染物 O₃ 濃度資料經過統計軟體計算指標等級分布百分比，將指標值系統中在 50-100 等級之線段函數以 O₃ 濃度 0.1ppm 對應之指標值 83 設定為在 50-100 之分級值；另外參考美國(1999) 修訂之 AQI 系統，將 O₃ 濃度 0.16ppm 對應之指標值 150 設定為 100-200 等級之分級值。該尺度全距為 0-500 之尺度，將其中之 0-200 尺度細分為 0-50、50-83、83-100、100-150、150-200 共五等級。尺度

200-300、300-400 及 400-500 分別為我國「空氣品質嚴重惡化緊急防制辦法」之初級、中級與緊急惡化警告等級。如 Table 3-3 所示，等級 0-50 定義為空氣品質「良好」等級；等級 50-83 定義為空氣品質「普通」等級；等級 83-100 定義為空氣品質「不良警告」等級；等級 100-150 定義為空氣品質「不良」等級；等級 150-200 定義為空氣品質「非常不良」等級；等級 200-300 定義為空氣品質「惡化」；等級 300-400 定義為空氣品質「有害」等級；等級 400-500 定義為空氣品質「危害」等級。

Table 3-3 Relationship of health effect with RAQI

空氣污染指數	人體健康之影響
0-50	良好
50-83	普通
83-100	不良警告
100-150	不良
150-200	非常不良
200-300	惡化
300-400	有害
400-500	危害

3.2.4 多元空氣品質指標 (RAQI) 構建步驟

本研究係依據下列步驟進行計算，構建多元空氣品質指標 (RAQI)。

- 步驟一：取得環保署空氣品質監測站逐時污染物數據資料，依環保署有關污染物計量說明 (Table 3-2) 計算選取有效值。
- 步驟二：依現行 PSI 各副指標污染物等級濃度換算表 (Table 2-2)，換算各污染物副指標值。
- 步驟三：將各污染物副指標值帶入 3.2.1 節 RAQI 公式計算方法，進行結合函數公式運算。
- 步驟四：依指標尺度分級表 (Table 3-3) 將 RAQI 計算出之指標值作尺度分級。

3.3 RAQI 公式演算探討

3.3.1 RAQI 公式中函數探討

本研究試圖導入熵值函數觀念修正空氣品質指標 (PSI)，而導入熵函數運算之目的是用以區別同一平均指標值的不同資訊涵義。針對本研究利用 RAQI 公式演算，其中各項函數值均具其個別意義，而現行 PSI 簡單而言是利用最大操作型函數 (maximum operator function) 來作為指標值考量 (Malakos and Wong, 1999)，故將 RAQI 所運用之三項函數作比較分析。

由 1999-2000 年中部空品區空氣品質指標資料統計指出，由於線西測站資料不完整，故以竹山 (PSI 年均值介於 68-70) 污染情形最為嚴重，以沙鹿 (PSI 年均值介於 46-51) 較為良好，而高屏地區空氣品質指標資料統計指出，以潮州 (PSI 年均值 78 左右) 為最高，而屬於公園測站的恆春 (PSI 年均值介於 34-37) 最低，由於恆春測站屬性公園測站，當地位處偏僻，空氣品質相對良好。故以中部空品區與高屏空品區之空氣品質最為不良監測站 (竹山與潮州測站) 與空氣品質較為良好監測站 (沙鹿與恆春測站) 作比較。

Fig.3-2 ~ Fig.3-9 為將 RAQI 公式中三項函數值 (PSI、average function 及 entropy function) 以上述四個監測站 (竹山站、潮州站、沙鹿站與恆春站) 全年數值資料分析比較，圖中紅點表示為 RAQI 公式首項亦即以選取最大值函數之 PSI，數值介於 0~200 間；藍點表示為 RAQI 公式第二項之平均函數值 (average function) 之數值，數值介於 0~3.0 間；綠點表示為 RAQI 公式第三項之熵函數 (entropy function) 之數值，數值介於 0~3.0 間。結果發現當在較為嚴重之竹山與潮州測站時 (Fig.3-2 ~ Fig.3-5)，在 RAQI 公式首項以選取最大值函數之 PSI 與 RAQI 公式第二項之平均函數值 (average function) 之數值趨勢分布相關性甚高，數值趨勢線走勢幾乎一致；而在空氣品質良好亦即相對較低污染之沙鹿與恆春測站時 (Fig.3-6 ~ Fig.3-9)，PSI 與平均函數值之數值趨勢分布相關性偏低，並且由於污染情況相較不嚴重，故數值趨勢分布趨於平緩，且於全年數值趨勢分布

上較無隨季節不同而有所差異；然而 RAQI 公式第三項之熵函數（entropy function）之數值趨勢分布卻與上述兩者呈反向之線性關係，以空氣污染較為嚴重之竹山與潮州測站最為明顯，並於空氣品質指標值極高或極低之季節期間數值趨勢分布情形差異更大，其可彌補現行 PSI 於極值之相對模糊與遮蔽現象，使 PSI 之最大操作型函數與平均函數值不致於因為污染嚴重情況下造成空氣品質指標極端化，達到熵函數（entropy function）在高污染時較能具有修正 PSI 之實質效果，而於沙鹿與恆春測站比較圖中熵函數修正之效果較不顯著，而由於沙鹿與恆春測站為低污染測站，污染源並不如高污染測站頻繁，加上沙鹿測站地理位置靠近沿海地區，深受海風影響，故兩者數值分布較為分散。如此運用 RAQI 修正空氣品質指標可站在污染物最低效應之基礎下，進而考量其他污染物之存在，並區分其分布概況，此指標除有修正現行 PSI 之功能外，更能做為現況警示比較性指標。

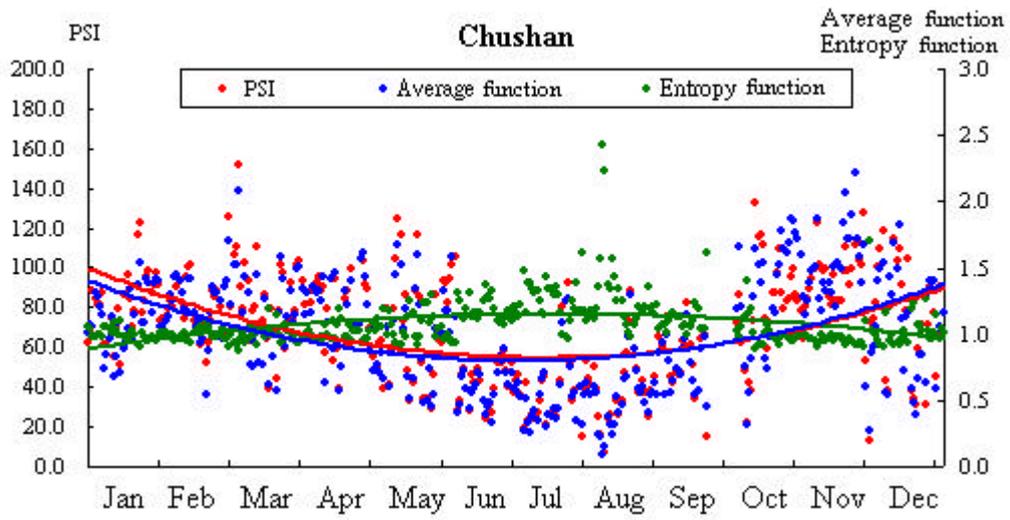


Fig. 3-2 Comparison of each function in RAQI at Chushan station (1999)

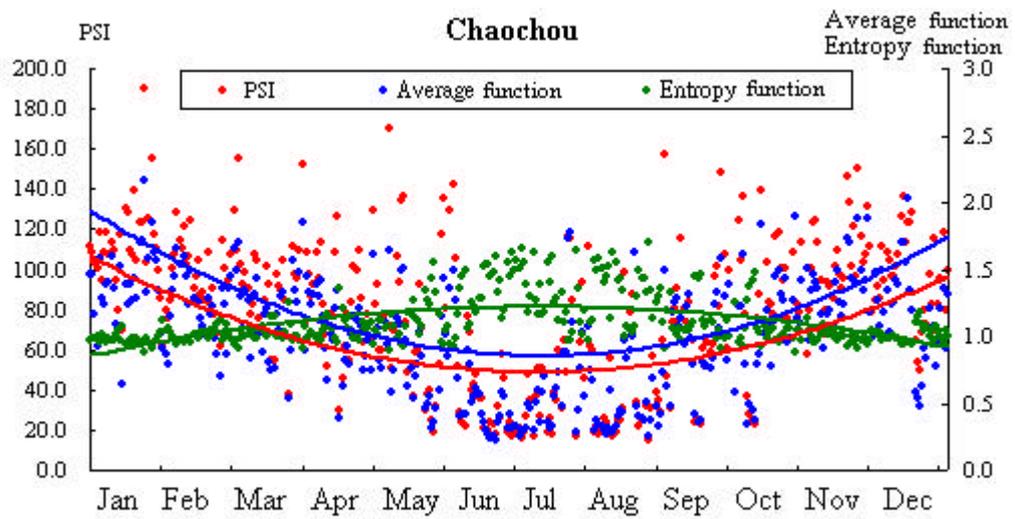


Fig. 3-3 Comparison of each function in RAQI at Chaochau station (1999)

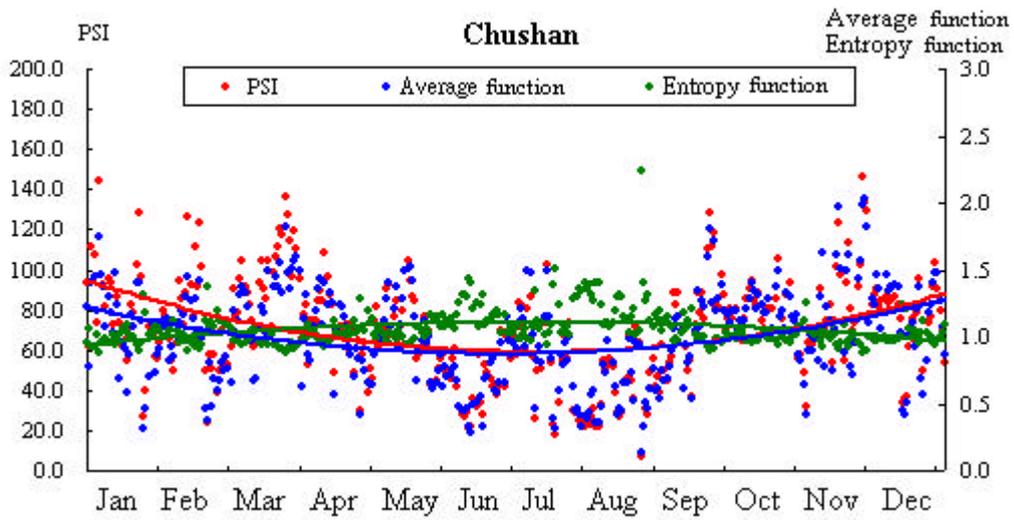


Fig. 3-4 Comparison of each function in RAQI at Chushan station (2000)

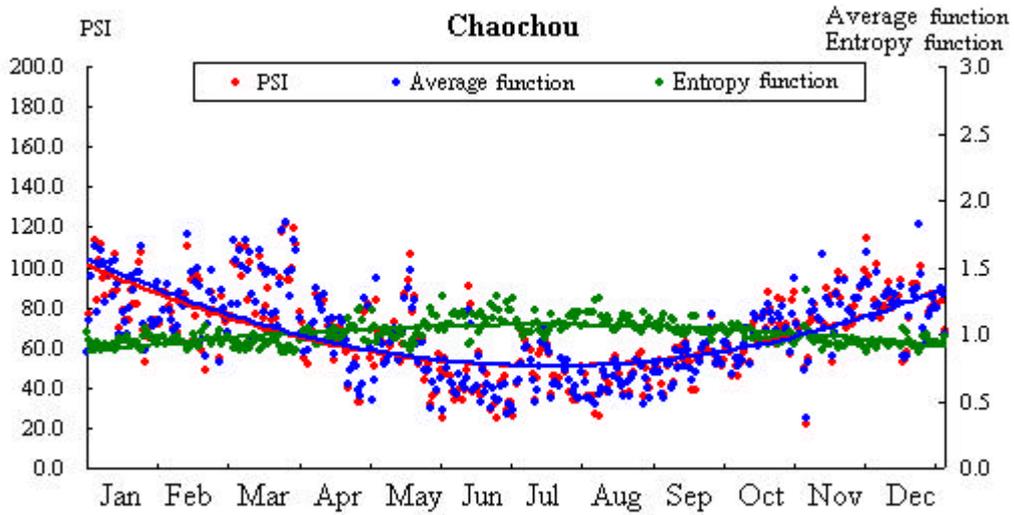


Fig. 3-5 Comparison of each function in RAQI at Chaochou station (2000)

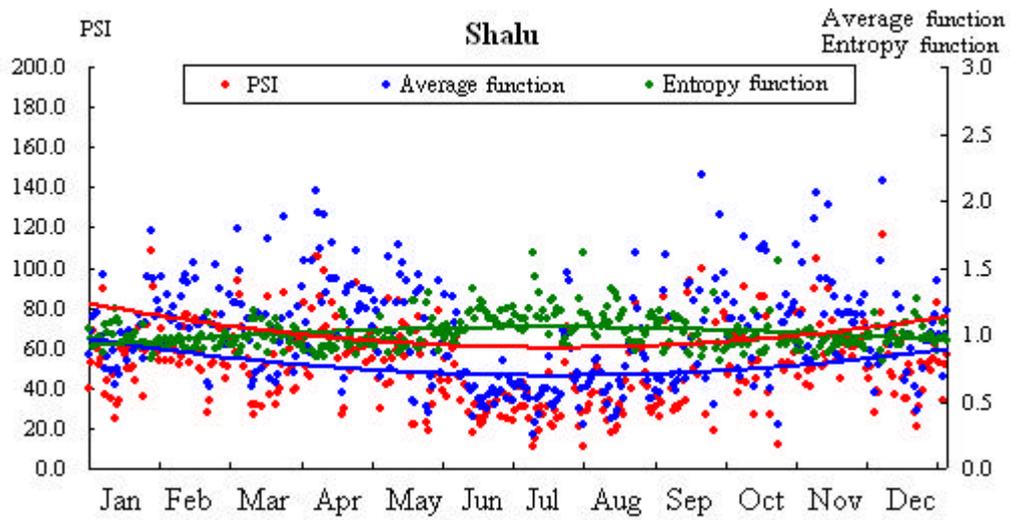


Fig. 3-6 Comparison of each function in RAQI at Shalu station (1999)

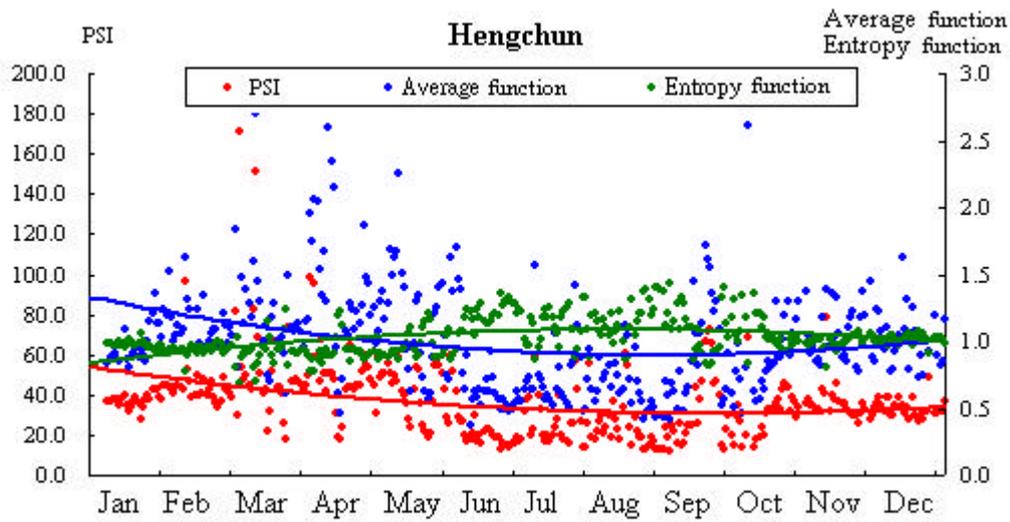


Fig. 3-7 Comparison of each function in RAQI at Hengchun station (1999)

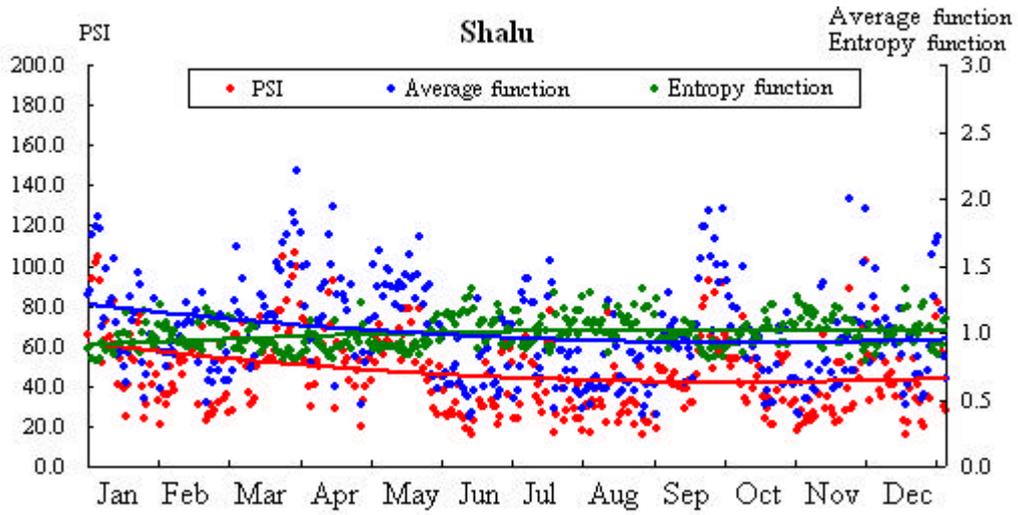


Fig. 3-8 Comparison of each function in RAQI at Shalu station (2000)

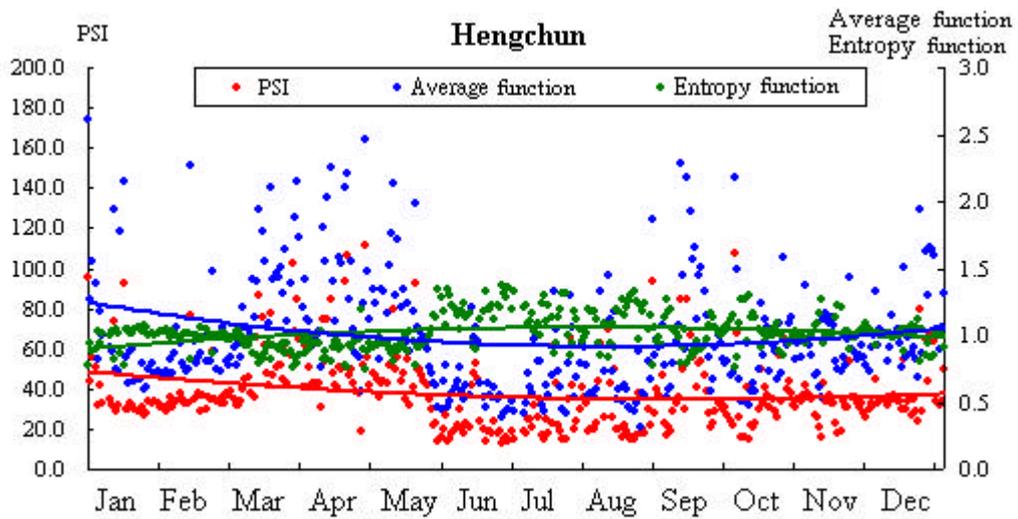
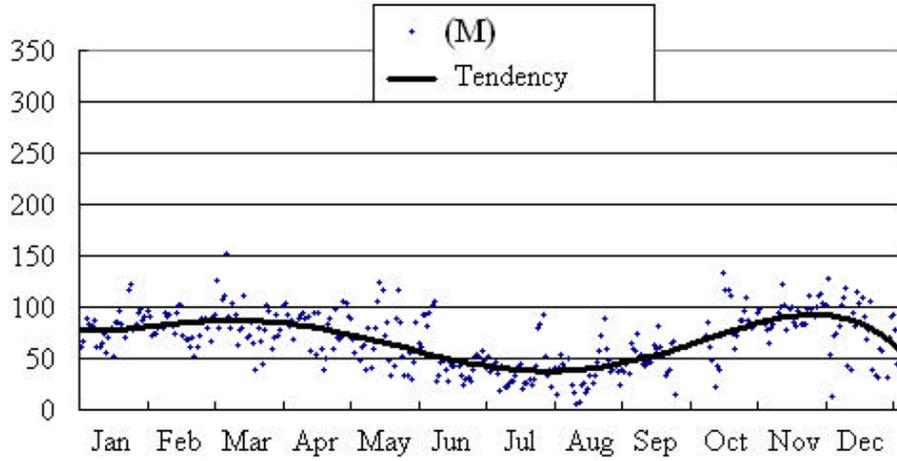


Fig. 3-9 Comparison of each function in RAQI at Hengchun station (2000)

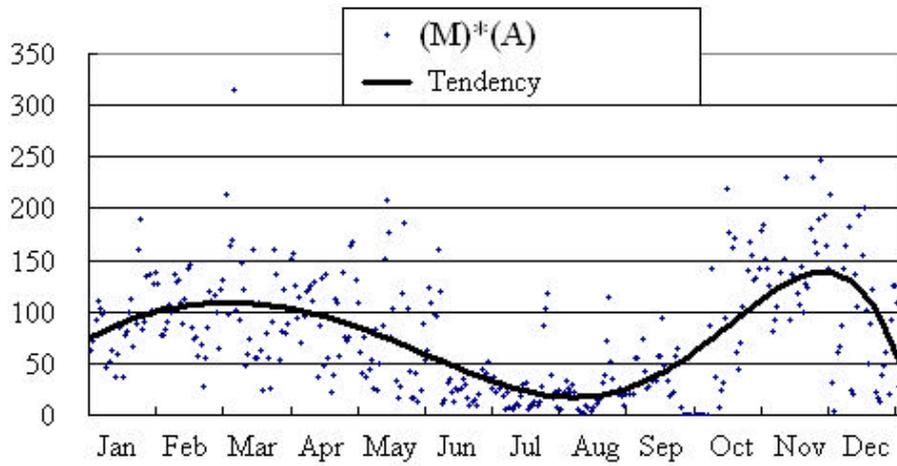
在 1999-2000 年中部空品區與高屏空品區空氣品質中，以竹山測站及潮州測站污染最為嚴重之測站為例，若將 RAQI 所運用之三項函數逐一加入比較其修正之效果 (Fig.3-10 ~ Fig.3-13)，圖中 (A)：RAQI 公式首項 (maximum operator function)，(B)：RAQI 公式第二項 (average function)，(C) RAQI 公式第三項 (entropy function)，Fig.3-10 (A) ~ Fig.3-13 (A) 表示公式首項之最大操作型函數 (maximum operator function) 亦即現行 PSI 指標值，而 Fig.3-10 (B) ~ Fig.3-13 (B) 為最大操作型函數 (maximum operator function) 結合算術平均指標值函數 (average function) 之兩項結合函數值分布圖，而 Fig.3-10 (C) ~ Fig.3-13 (C) 為最大操作型函數 (maximum operator function) 結合算術平均指標值函數 (average function) 及平均指標熵值 (entropy function) 之三項結合函數值分布圖，亦即表示修訂後之 RAQI 指標值。由 Fig.3-10 ~ Fig.3-13 之 (A) 與 (C) 兩圖可明顯發現指標值分布曲線差異甚大，亦即表示 PSI 與 RAQI 數值趨勢分布差異明顯，而三項函數值經過統計變異分析結果發現相互間 p 值均遠小於 0.00001，表示三項函數值相互差異明顯，而 Table 3-4 中 Fig.3-10 ~ Fig.3-13 各圖中之 (A) (B) (C) 之標準差 (standard deviation)，顯示最大操作型函數 (maximum operator function) 亦即現行 PSI 指標值分布較為集中 (標準差最小)，而納入算術平均指標值函數 (average function) 之函數值後分布明顯分散，最後再納入算術平均指標熵值 (entropy function) 之函數值後標準差又再度變小，亦即修正偏差數值之效應。

Table 3-4 Standard deviation of each function in RAQI

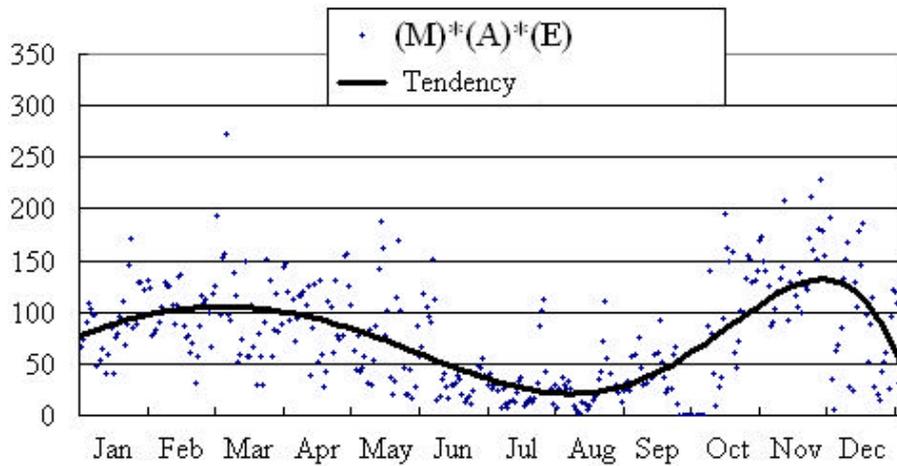
year	station	(A) std dev	(B) std dev	(C) std dev
1999	Chushan	27.4	56.1	50.5
2000	Chushan	25.1	50.5	44.8
1999	Chaochau	35.9	69.4	63.3
2000	Chaochau	21.2	44.4	38.0



(A)

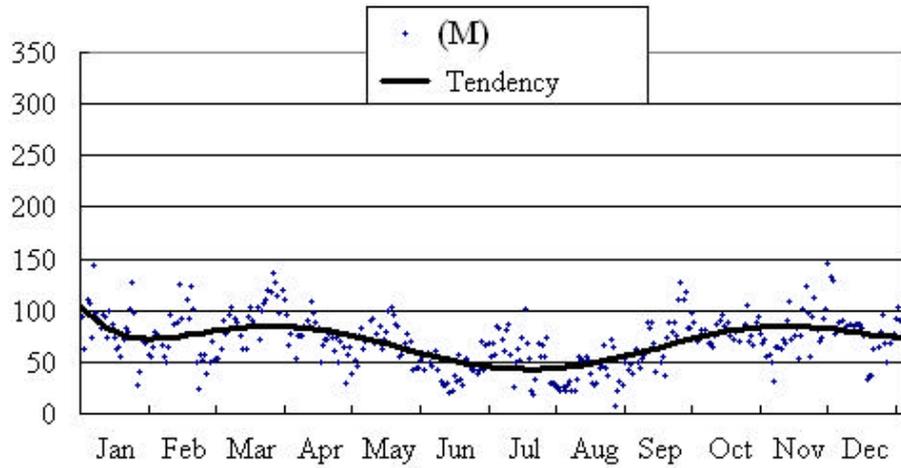


(B)

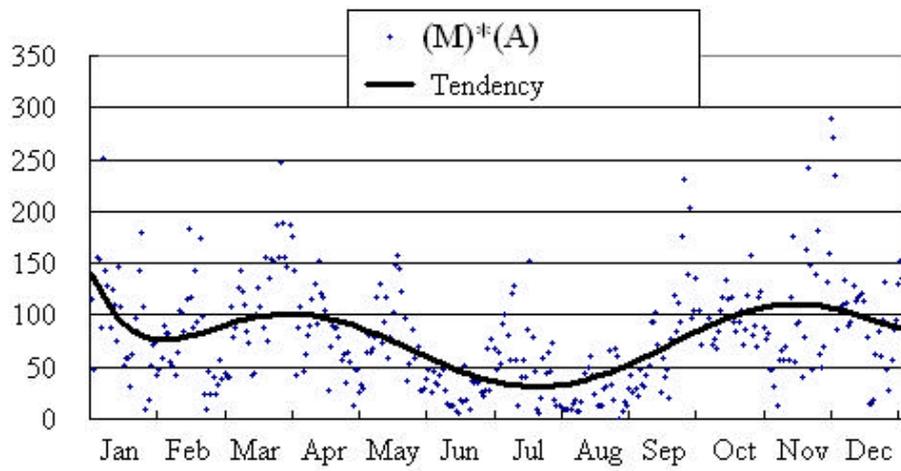


(C)

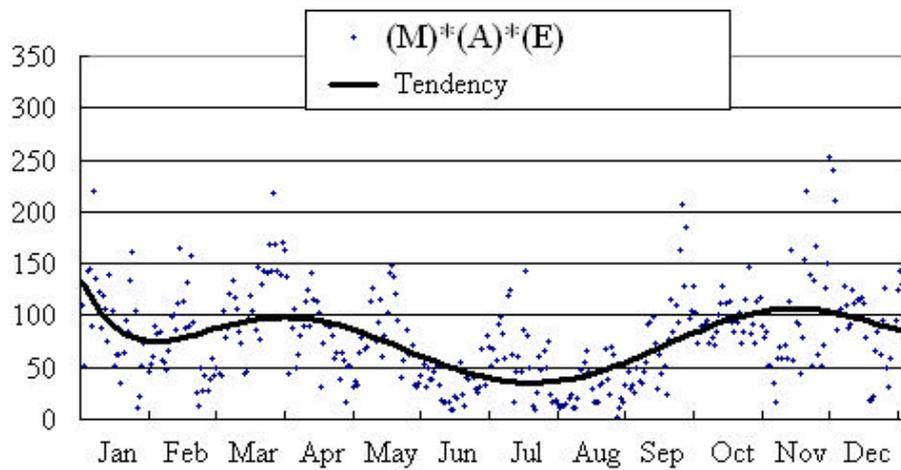
Fig. 3-10 Comparison of combined function with RAQI at Chushan station (1999)



(A)

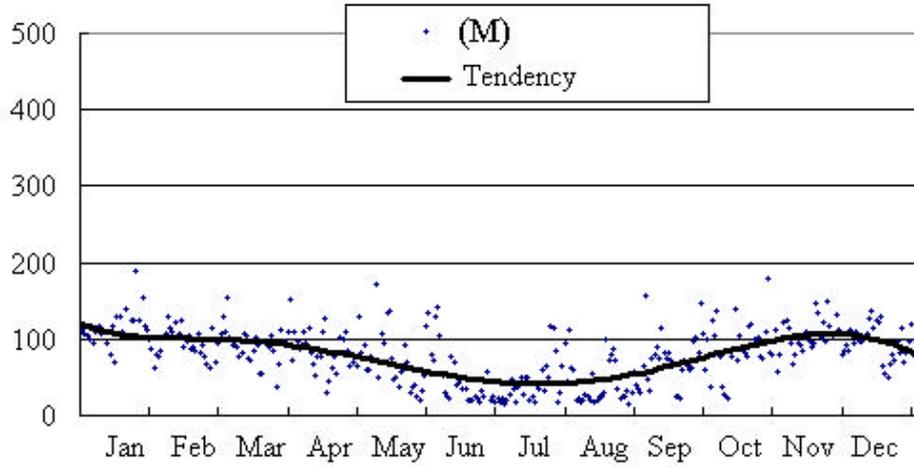


(B)

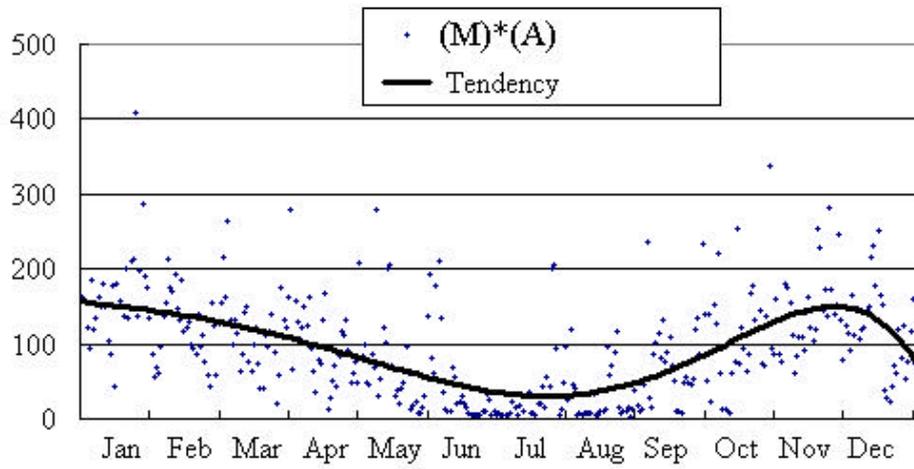


(C)

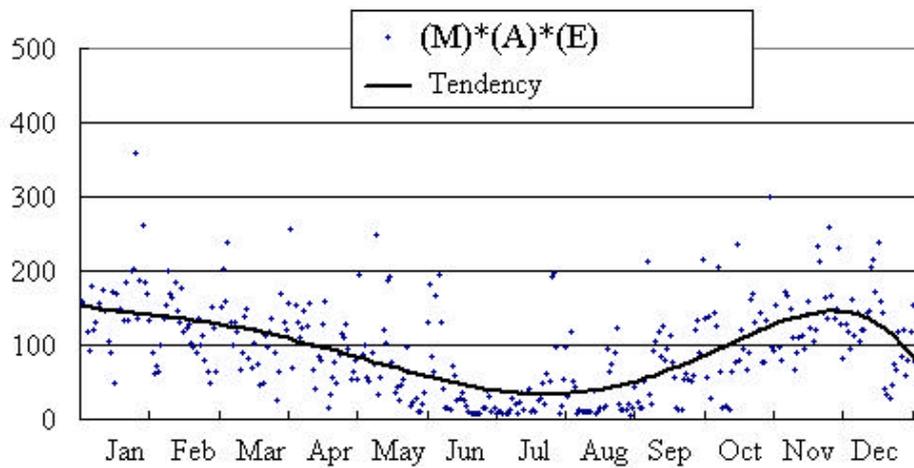
Fig. 3-11 Comparison of combined function with RAQI at Chushan station (2000)



(A)

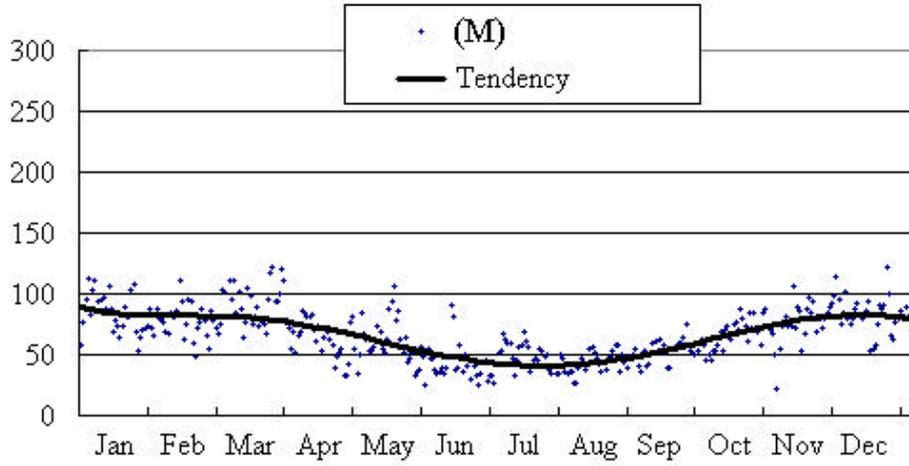


(B)

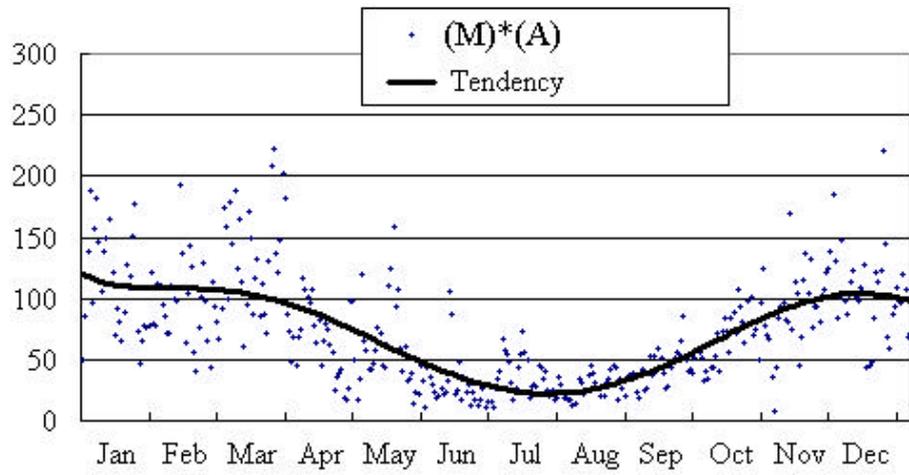


(C)

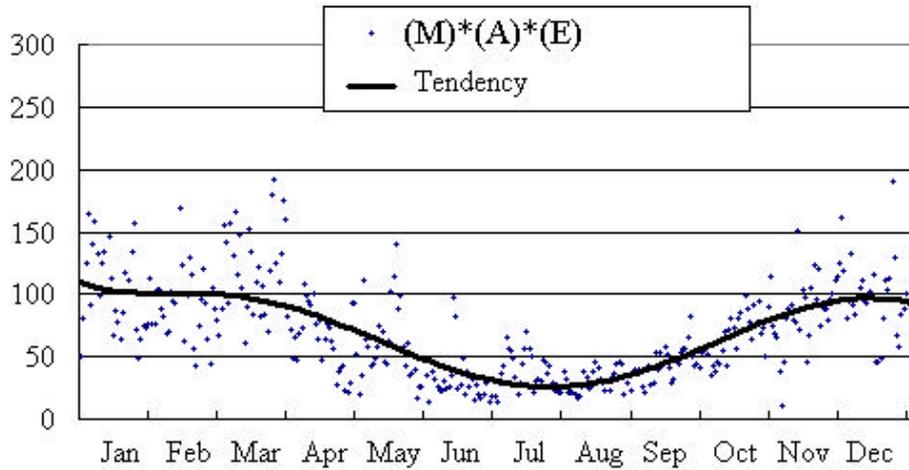
Fig. 3-12 Comparison of combined function with RAQI at Chaochou station (1999)



(A)



(B)



(C)

Fig. 3-13 Comparison of combined function with RAQI at Chaochou station (2000)

3.3.2 小結

目前我國現行採用之空氣品質指標大體係沿用美國之 PSI，故難避免模糊與淡化現象造成不具比較性指標的功能。然而本研究之 RAQI 結合其他函數考量，著重於指標值運用之合理性，與 PSI 之功能類似亦即並非以預報為重點考量，若以較長期間之監測資料以得客觀性結果，RAQI 能客觀及有效反應空氣品質；若以第 2.2.11 節指標分類而言，RAQI 分類代表符號為「cC0」，即屬於物理統計建構法與現況警示比較性指標，且可能無函數誤差。對於有關環保署空氣品質預報，其基本假設之一為每日污染源排放之變化遠小於天氣之變化，在此條件下以氣象因素之改變來預測未來空氣品質；目前環保署之預報作業係採用污染物指標（PSI）預報，而非污染物濃度，預報所需資料氣象方面計有：風向、風速、溫度、露點、能見度、混合層高度、逆溫層強度、不穩定度等因子；污染物方面計有：PM₁₀，SO₂，CO，NO₂ 及 O₃ 等濃度資料；以當日氣象資料與前一日之污染物濃度，利用複回歸模式預測當日之污染物濃度，並換算成 PSI 以預報當日之空氣品質。

第四章 結果與討論

4.1 空氣品質現況與歷年變化趨勢

根據 1997-2000 年北部空品區、中部空品區及高屏空品區之空氣品質指標歷年變化趨勢 (Fig.4-1), 以高屏空品區空氣品質最為嚴重, 其次為中部空品區, 中部及高屏空品區空氣品質不良大多發生在秋冬季節, 而北部空品區空氣品質相較嚴重大多發生在夏秋季節, 許多研究亦指出天氣型態及氣象因子與出現高污染物濃度值有密切相關(Cheng, 2002 ; 郭育誌, 2002 ; Cheng, 2001^a ; 黃怡嘉, 2001 ; 鄭曼婷, 2000 ; Pont and Fontan, 2000 ; Chan et al, 1998 ; Harrison et al, 1997), 氣象因子之差異亦影響每日之空氣品質, 如風速及溫度等因子會影響污染物擴散及生成轉化(Cheng, 2001^b ; Cogliani, 2001 ; Perrino et al, 2001 ; Wu and Chan, 1997 ; Ludwig and Tulbure, 1996 ; Anthes and Warner, 1978); Fig.4-2 及 Fig.4-3 分別為 1997-2000 年中部空品區及高屏空品區 PSI 超過 100 日數圖, 中部空品區以 1 月、3 月及 10-12 月 PSI 超過 100 日數較多, 而南部空品區以夏季 6-8 月 PSI 超過 100 日數較少以外, 其餘季節 PSI 超過 100 日數均相較多, 另外各空品區出現空氣品質不良之時間亦有所差異, 林能暉 (2000) 針對 O₃ 及 PM₁₀ 於北中南三區的時序變化指出, 臭氧於北中南三區的時序變化具明顯的半年週期, 北部及南部地區的趨勢極大值呈反相位 (南部以秋冬為極高值, 北部夏秋為高值); PM₁₀ 則以年週期為主, 相位差小, 且在秋冬高, 夏季低, 由北往南, 振幅增大, 顯示出南部地區的 PM₁₀ 值較北部高。

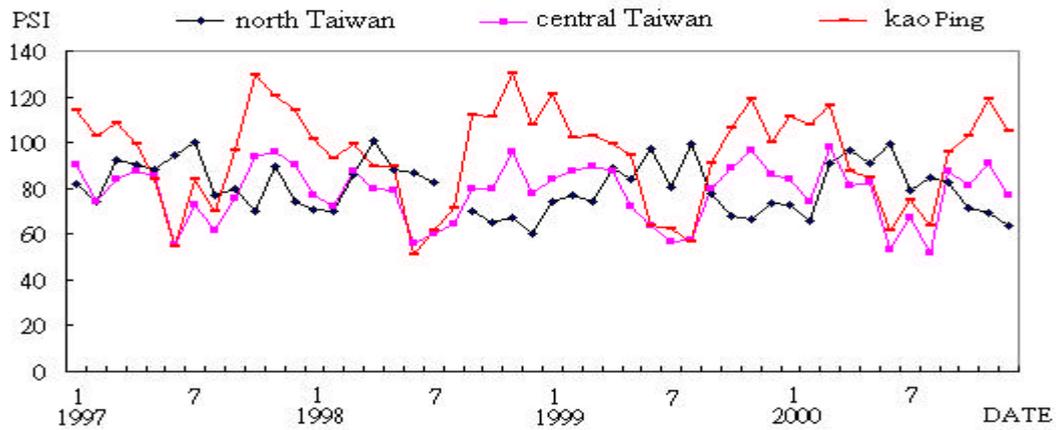


Fig. 4-1 Distribution of PSI at north Taiwan, central Taiwan and Kaoping air quality region (1997-2000)

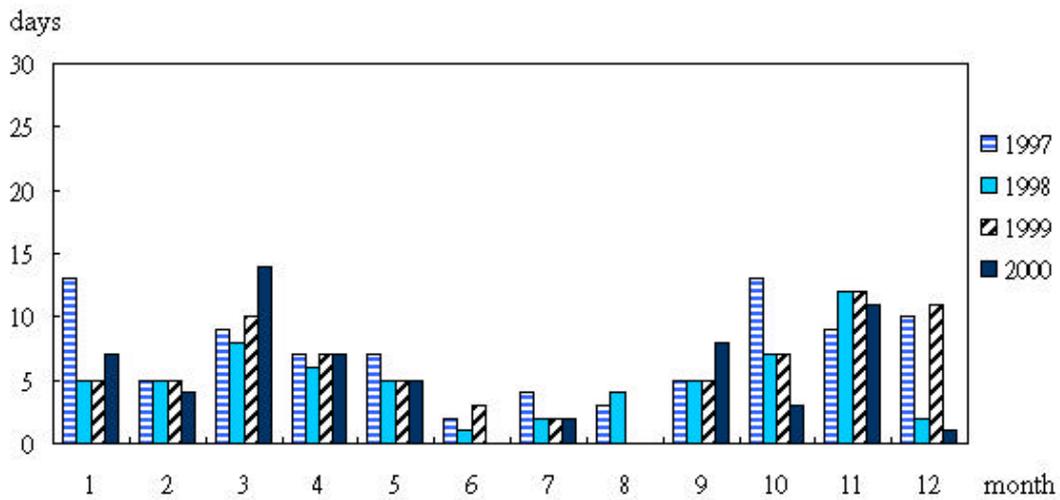


Fig. 4-2 Days of PSI (> 100) at central Taiwan air quality region (1997-2000)

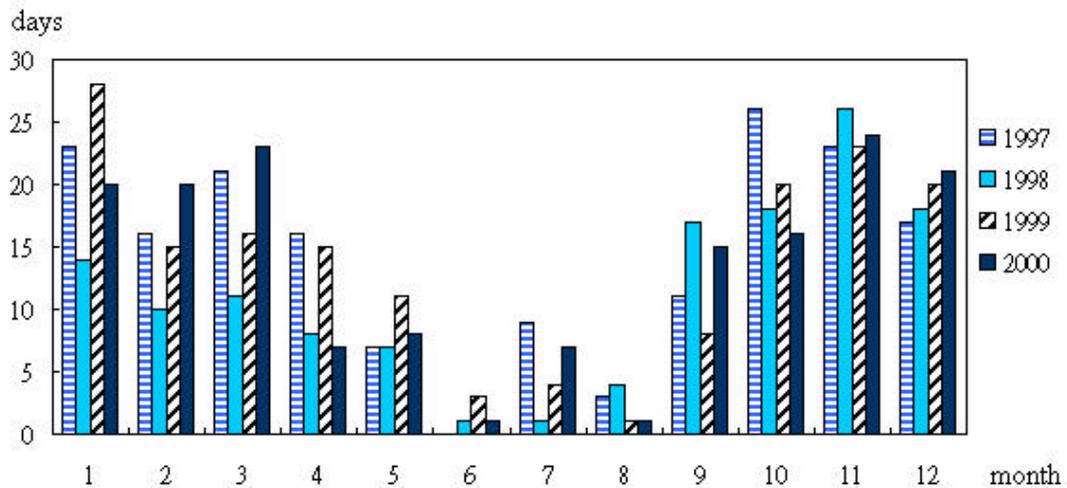


Fig. 4-3 Days of PSI (> 100) at Kaoping air quality region (1997-2000)

而以 1999-2000 年中部空品區及高屏空品區各監測站 PSI 年均值比較分析 (Fig.4-4 與 Fig.4-5), 中部空品區以內陸監測站之竹山測站 (PSI 年均值介於 68-70) 與南投測站 (PSI 年均值介於 63-66) 較高, 而以沿海監測站之沙鹿測站 (PSI 年均值介於 46-51) 與線西測站 (PSI 年均值介於 43-45) 較低; 高屏空品區亦以內陸監測站之潮州測站 (PSI 年均值 78 左右) 與大寮測站 (PSI 年均值介於 71-79) 較高, 而以公園監測站之恆春測站 (PSI 年均值介於 34-37) 較低, 高屏空品區之三民測站由於 2000 年資料不完整, 故只有 1999 年 PSI 年均值資料。而針對中部空品區及高屏空品區內陸地區污染情形均比沿海地區嚴重的原因, 林沛練等 (1990) 研究指出內陸地區污染物濃度高與其地理位置及區域環流有關; 鄭佳芳 (1999) 認為高屏地區受海風吹拂、繞流系統與海風形成合流以及強勁東北風系統在強烈的綜觀風場影響下沿西岸地形吹拂的東北風轉向為西北風此三種情況下導致污染物累積於高屏內陸地區。

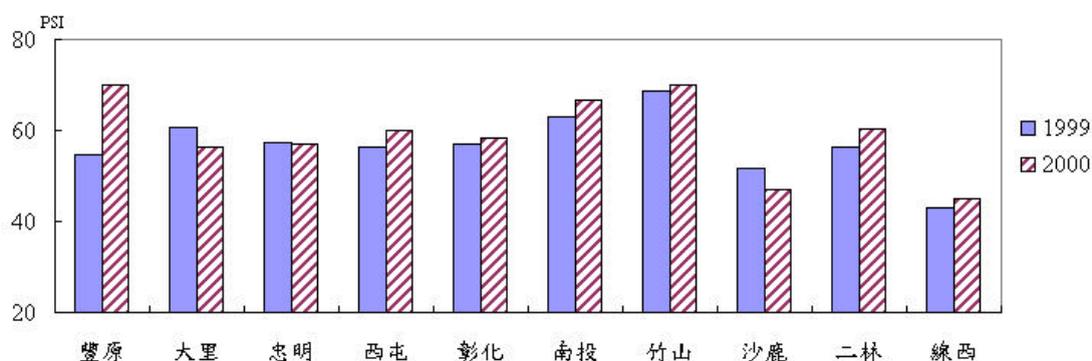


Fig. 4-4 PSI of EPA monitoring stations air quality at central Taiwan

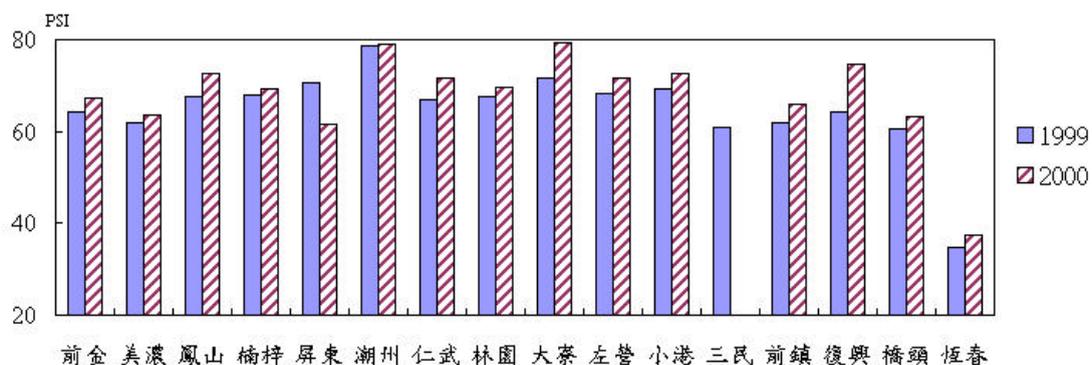


Fig. 4-5 PSI of EPA monitoring stations air quality at Kaoping region

針對 1999-2000 年中部空品區及高屏空品區 PSI 等級分布情形 (Fig.4-6 及 Fig.4-7),中部地區 PSI 等級分布主要在 50-100 區段間,1999 年佔全年 69%,2000 年佔全年 71% ;高屏空品區 PSI 等級分布主要亦在 50-100 區段間,1999 年佔全年 47% ,2000 年佔全年 55% ,而由於高屏空品區較中部空品區空氣品質惡化,故於 100-200 區段間亦佔全年 32-34% ,比中部空品區比例高。

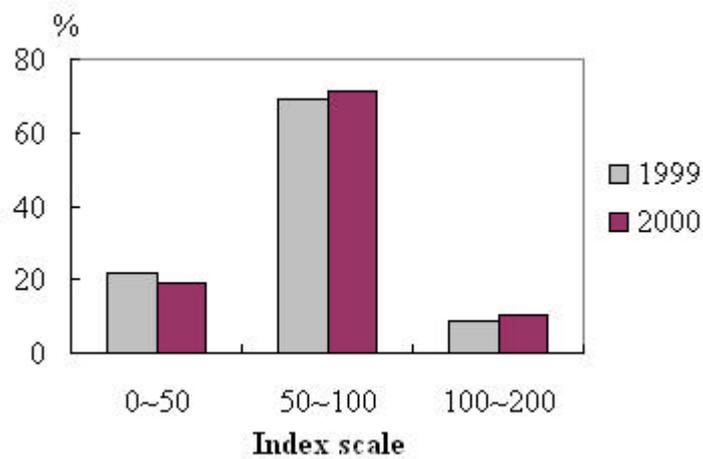


Fig. 4-6 Distribution of PSI rank at central Taiwan air quality region

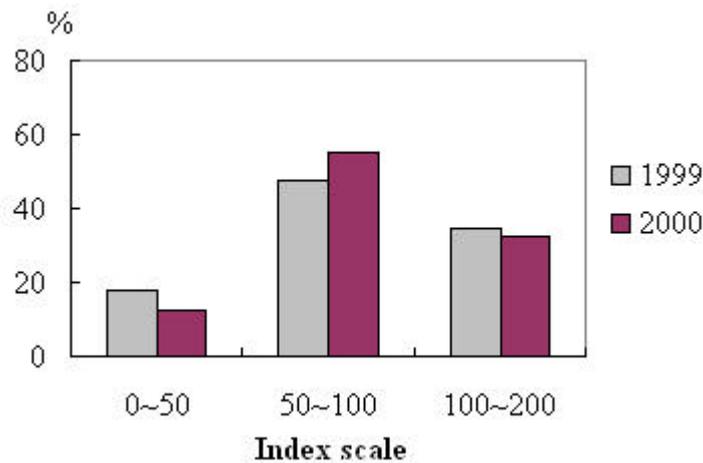


Fig. 4-7 Distribution of PSI rank at Kaoping air quality region

4.2 RAQI 與 PSI 差異比較

4.2.1 中部空品區

如 Fig.4-8 及 Fig.4-9 中以 1999 及 2000 年中部空品區空氣品質指標值為案例，在低污染期間(6~8 月) RAQI 與 PSI 指標值分布差異並不太大，而在春、秋及冬季高污染季節期間其兩者指標值分布差異較為明顯，並且發現 RAQI 指標值較高於 PSI 指標值。

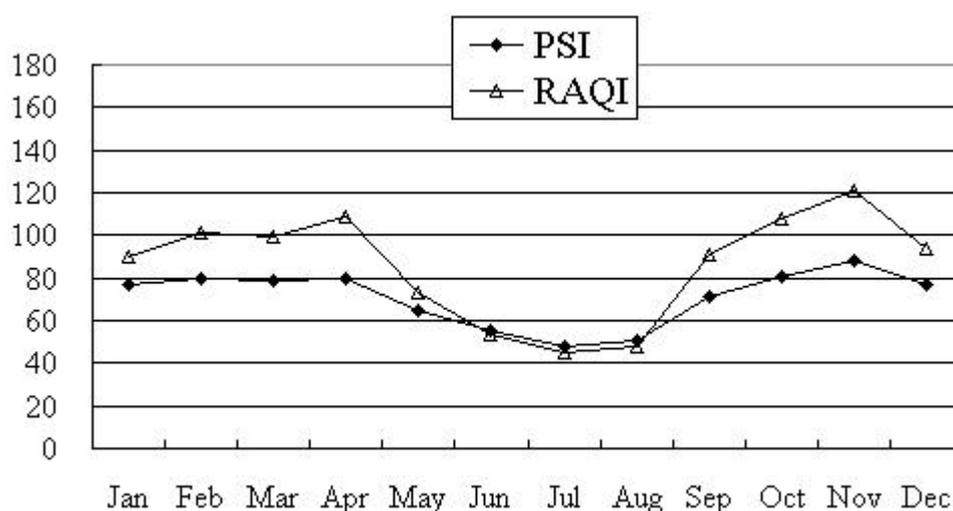


Fig. 4-8 Monthly average of PSI & RAQI at central Taiwan air quality region (1999)

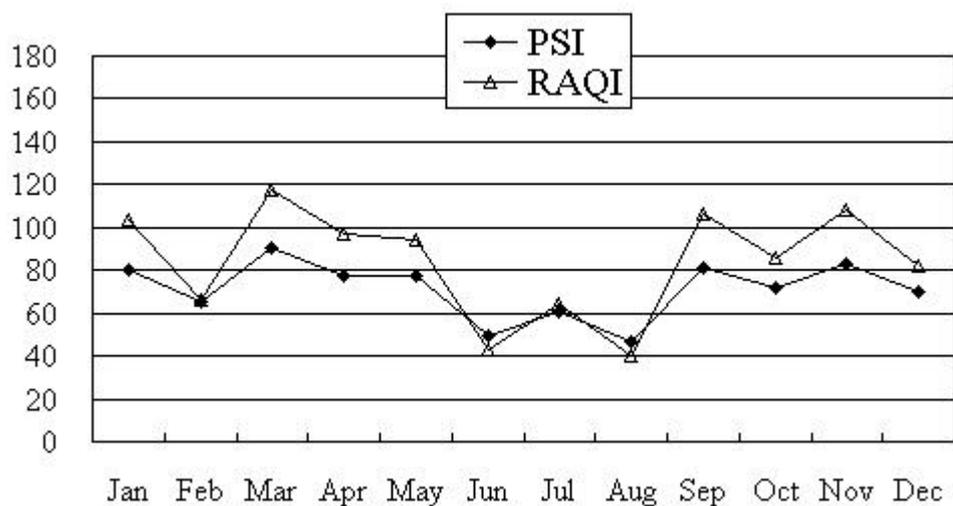


Fig. 4-9 Monthly average of PSI & RAQI at central Taiwan air quality region (2000)

經由統計變異數分析結果，1999 年全年 RAQI 與 PSI 指標值兩者 p 值小於 0.00001，表示兩指標值間有顯著的差異，而 RAQI 指標值平均數為 86，標準誤 (std error) 為 2.34，標準差 (std dev) 為 44.6；PSI 指標值平均數為 70，標準誤為 1.15，標準差為 21.9，顯示出 RAQI 指標值較高且指標值分布較為寬廣。2000 年全年 RAQI 與 PSI 指標值兩者 p 值小於 0.00001，亦表示兩指標值間有顯著的差異，但不及 1999 年來得顯著差異，而 RAQI 指標值平均數為 84，標準誤為 2.54，標準差為 48.6；PSI 指標值平均數為 71，標準誤為 1.22，標準差為 23.3，亦顯示出 RAQI 指標值較 PSI 高且指標值分布範圍較為寬廣。

針對圖中 RAQI 與 PSI 於不同季節而有所差異分歧，若以夏季 (低污染) 及秋季 (高污染) 兩者比較 PSI 與 RAQI 之分布頻率 (Fig.4-10 及 Fig.4-11)，比較 1999 年及 2000 年結果顯示夏季 (低污染) 之 PSI 與 RAQI 之分布頻率趨勢相似度高，表示 PSI 與 RAQI 於低污染期間差異並不大，高頻率 (0.04~0.08) 均出現在指標值為 40~60 左右；而於秋季 (高污染) 期間 RAQI 頻率分布範圍較 PSI 大，所顯示高指標值甚至出現超過 200 以上，其分布頻率趨勢亦明顯不同。

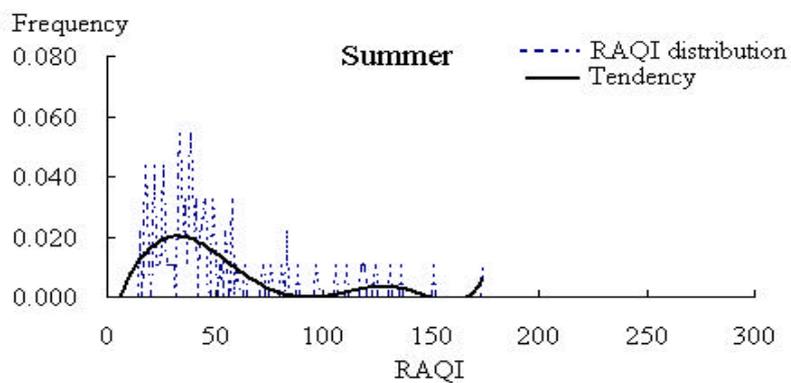
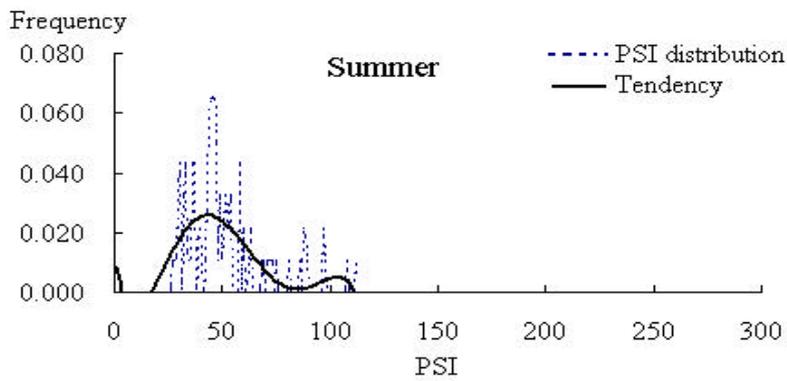
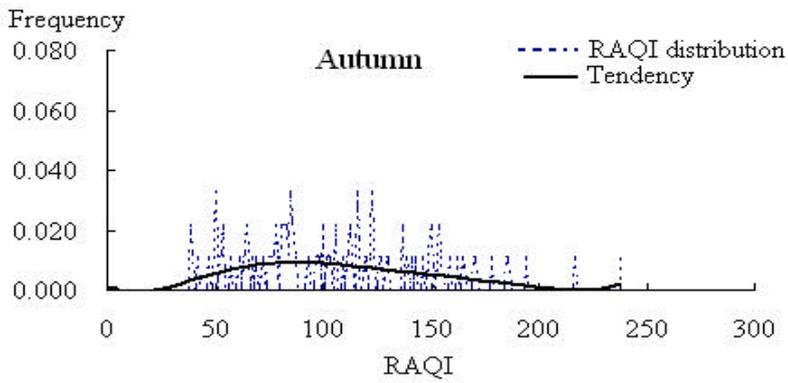
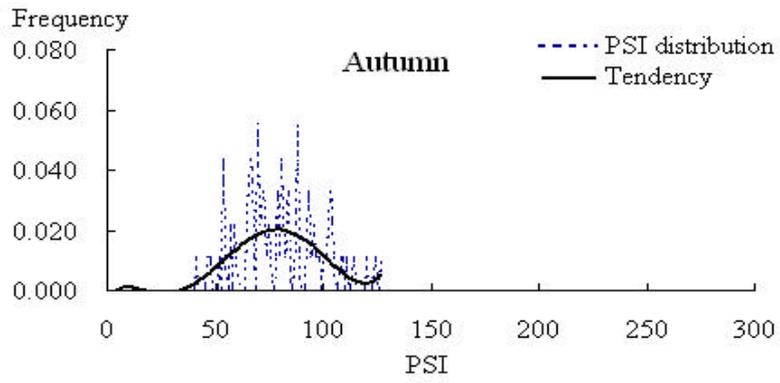


Fig. 4-10 Frequency comparison of PSI & RAQI at central Taiwan air quality region (1999)

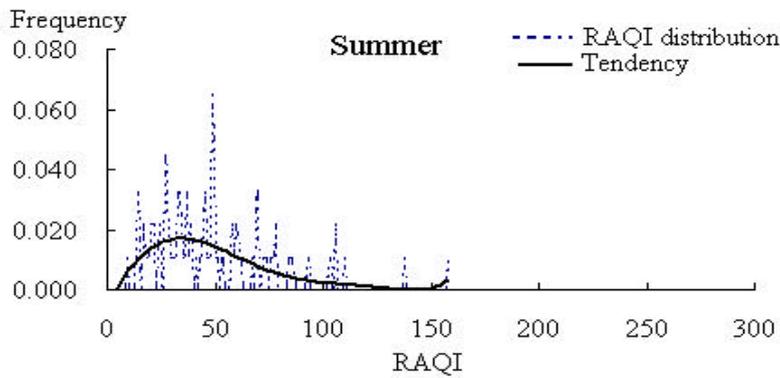
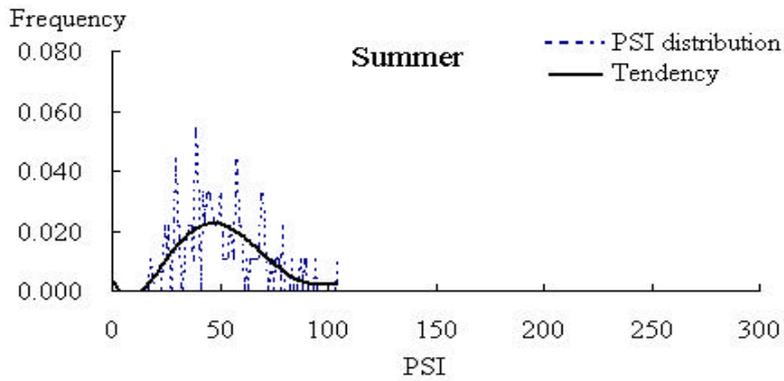
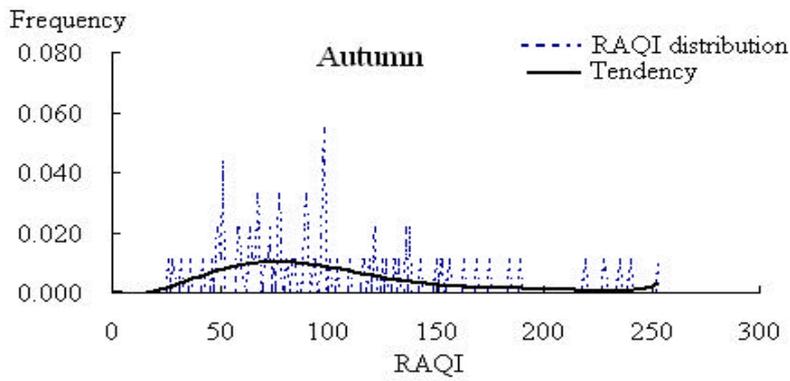
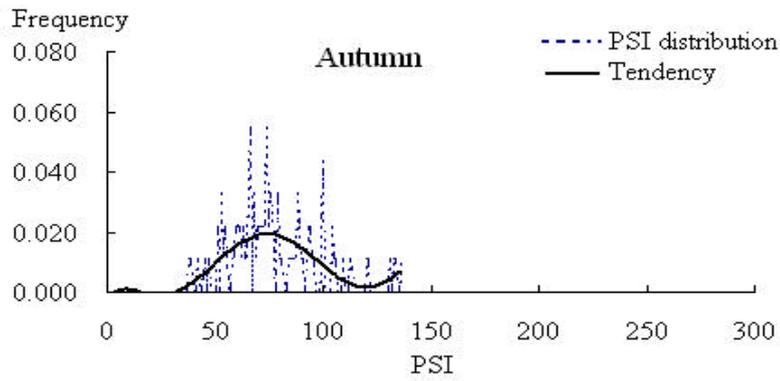


Fig. 4-11 Frequency comparison of PSI & RAQI at central Taiwan air quality region
(2000)

4.2.2 高屏空品區

如 Fig.4-12 及 Fig.4-13 中以 1999 及 2000 年高屏空品區空氣品質指標值為案例，在低污染期間(6~8 月) RAQI 與 PSI 指標值分布差異並不太大，而在春、秋及冬季高污染季節期間其兩者指標值分布差異較為明顯，並且發現 RAQI 指標值較高於 PSI 指標值。

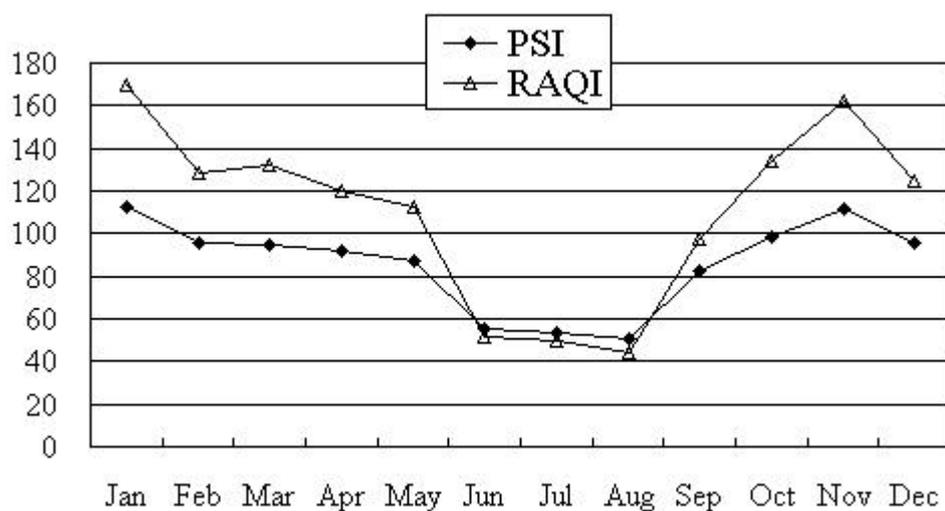


Fig. 4-12 Monthly average of PSI & RAQI at Kaoping air quality region (1999)

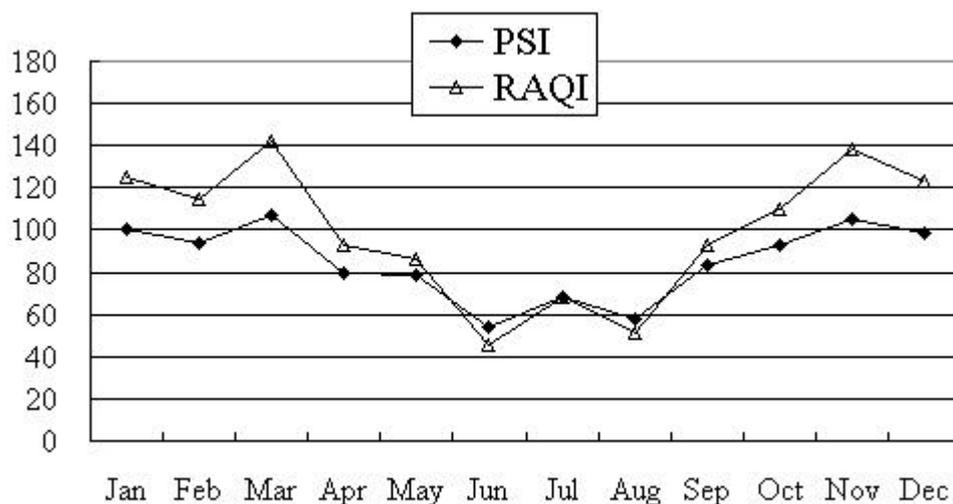


Fig. 4-13 Monthly average of PSI & RAQI at Kaoping air quality region (2000)

經由統計變異數分析結果，1999 年全年 RAQI 與 PSI 指標值兩者 p 值小於 0.00001，表示兩指標值間有顯著的差異，而 RAQI 指標值平均數為 110，標準誤為 3.15，標準差為 60.2；PSI 指標值平均數為 85，標準誤為 1.61，標準差為 30.7，顯示出 RAQI 指標值較高且指標值分布較為寬廣。2000 年全年 RAQI 與 PSI 指標值兩者 p 值小於 0.00001，亦表示兩指標值間有顯著的差異，但不及 1999 年來得顯著差異，而 RAQI 指標值平均數為 99，標準誤為 2.43，標準差為 46.6；PSI 指標值平均數為 84，標準誤為 1.39，標準差為 26.6，亦顯示出 RAQI 指標值較高且指標值分布較為寬廣。針對圖中 RAQI 與 PSI 於不同季節而有所差異分歧，若以夏季（低污染）及秋季（高污染）兩者比較 PSI 與 RAQI 之分布頻率（Fig.4-14 及 Fig.4-15），比較 1999 年及 2000 年結果顯示夏季（低污染）之 PSI 與 RAQI 之分布頻率趨勢相似度高，表示 PSI 與 RAQI 於低污染期間差異並不大，高頻率（0.04~0.08）均出現在指標值為 40~60 左右；而於高污染期間 RAQI 分布範圍較 PSI 寬廣，所顯示高指標值甚至出現超過 200 以上，分布頻率趨勢亦明顯不同。

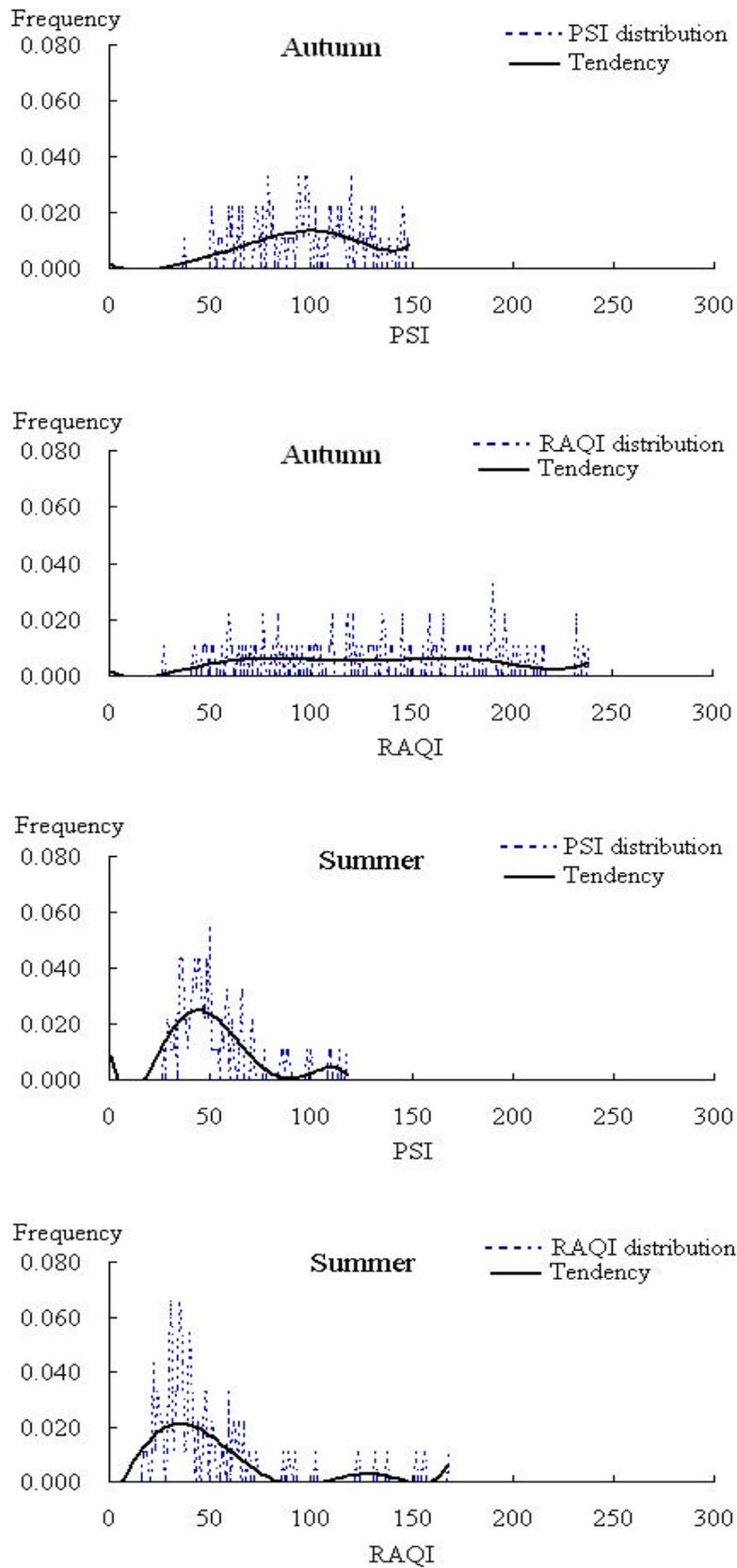


Fig. 4-14 Frequency comparison of PSI & RAQI at Kaoping air quality region (1999)

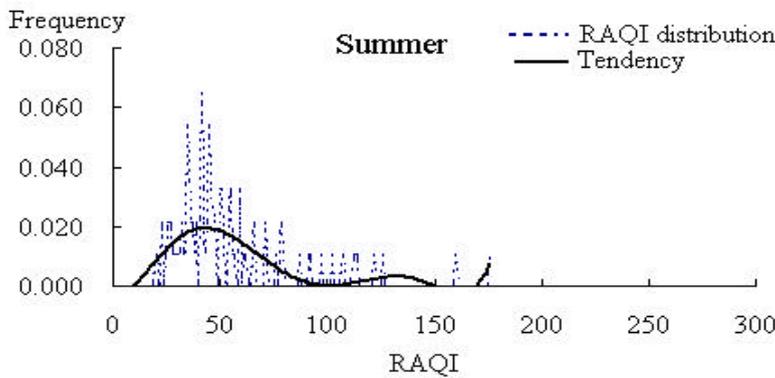
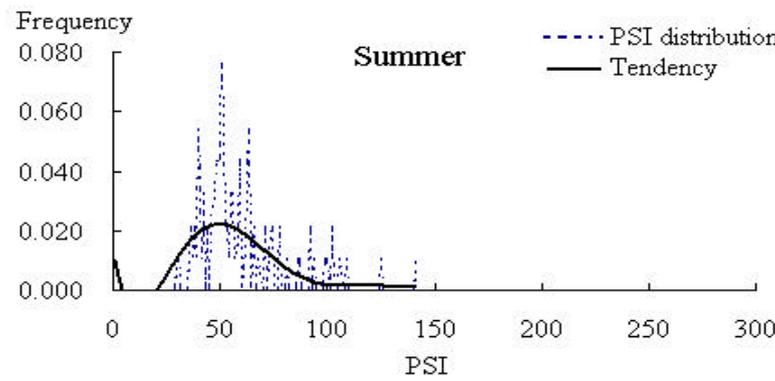
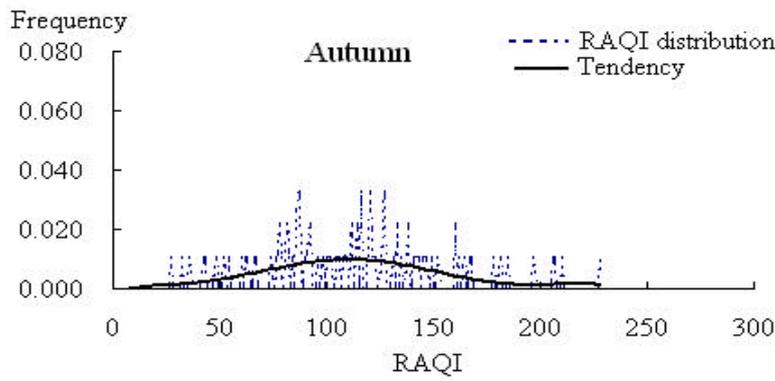
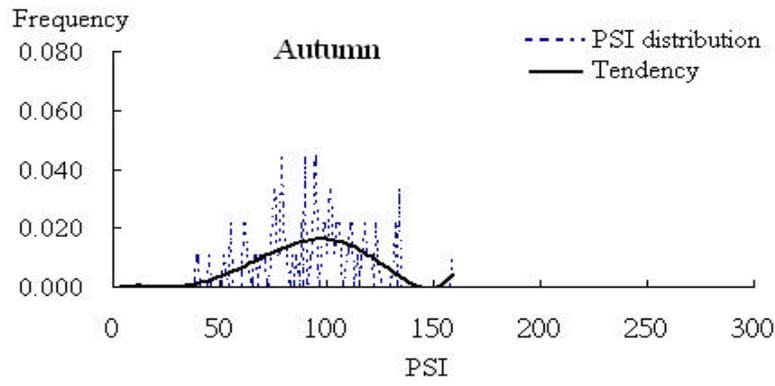


Fig. 4-15 Frequency comparison of PSI & RAQI at Kaoping air quality region (2000)

4.2.3 小結

由於 PSI 只取當日最大之副指標為該日空氣品質指標值，雖可避免遮蔽偏差現象，但無法同時反應出其他影響人體健康之污染物；而 RAQI 考量五種副指標 (PM₁₀ , SO₂ , CO , NO₂ 及 O₃)，並結合其他函數考量，所突顯的是五種副指標影響空氣品質的程度，並且站在污染物最低效應的基礎，進一步的考慮其他污染的存在，所以使得 PSI 與 RAQI 其指標值於高污染期間 (秋冬季節) 發生分歧分布狀況，故吾人認為高污染期間 (秋冬季節)，空氣品質不僅受到 PM₁₀ 及 O₃ 兩個主要副指標影響，同時也受到其他污染物所影響；但由於 PSI 與 RAQI 於夏季低污染期間差異並不如高污染期間，推斷為低污染情況下污染濃度值不高，經過 RAQI 之熵函數修正後效果顯示並不大，而因 RAQI 所能結合其他函數考量的原理，故多元空氣品質指標 (RAQI) 能針對多重污染物之高污染情形反應出其特性，但目前只能將各污染物之多重污染資訊值納入指標值中考量，無法於 RAQI 指標值中確切瞭解各污染物間之污染情形比例。

4.3 RAQI 運用於都會測站比較

由於中部空品區及高屏空品區共二十六個空氣品質監測站，而位於都會區之測站人口密集並且交通繁忙，其空氣品質對於一般民眾日常生活較為切身，故本研究選定於中部空品區之忠明站與西屯站及高屏空品區之楠梓站、左營站、前金站、前鎮站、小港站與復興站共八個位於台中市及高雄市的都會型測站作為 RAQI 運用探討案例 (Fig.4-16~Fig.4-31)，而高雄市三民站由於資料欠缺不全，故不納入探討；由於歷年空氣品質資料顯示 NO₂ 污染物濃度值均符合空氣品質標準，故探討比較之污染物以 PM₁₀、SO₂、CO 及 O₃ 為主，而 NO₂ 不列入探討比較。

4.3.1 忠明測站

Fig.4-16 為 PSI 及 RAQI 於 1999~2000 空氣品質指標值分段之日數分布圖，圖中發現 PSI 以指標值介於 50~60 區段之間之日數最多（139 天），而 RAQI 則以指標值介於 20~30 區段之間之日數最多（99 天），整體日數分布趨勢 PSI 高日數集中於 20~90 區段之間，而 RAQI 高日數則以集中於 10~100 區段之間。而針對忠明站空氣品質四個副指標（PM₁₀、SO₂、CO 及 O₃）與 RAQI 之相關性（Fig.4-17），結果顯示以 PM₁₀ 與 RAQI 之相關性（相關係數 0.876）高於 O₃（相關係數 0.611），而其次為 SO₂（相關係數 0.543）及 CO（相關係數 0.332）。

4.3.2 西屯測站

Fig.4-18 為 PSI 及 RAQI 於 1999~2000 空氣品質指標值分段之日數分布圖，圖中發現 PSI 以指標值介於 50~60 區段之間之日數最多（141 天），而 RAQI 則以指標值介於 40~50 區段之間之日數最多（101 天），整體日數分布趨勢 PSI 高日數集中於 20~90 區段之間，而 RAQI 高日數則以集中於 10~90 區段之間。而針對西屯站空氣品質四個副指標（PM₁₀、SO₂、CO 及 O₃）與 RAQI 之相關性（Fig.4-19），結果顯示以 PM₁₀ 與 RAQI 之相關性（相關係數 0.867）高於 O₃（相關係數 0.572），而其次為 SO₂（相關係數 0.315）及 CO（相關係數 0.311）。

4.3.3 楠梓測站

Fig.4-20 為 PSI 及 RAQI 於 1999~2000 空氣品質指標值分段之日數分布圖，圖中發現 PSI 以指標值介於 70~80 與 80~90 兩區段之間之日數最多（各為 101 天），而 RAQI 則以指標值介於 20~30 區段之間之日數最多（78 天），整體日數分布趨勢 PSI 高日數集中於 20~100 區段之間，而 RAQI 高日數則以集中於 10~110 區段之間。而針對楠梓站空氣品質四個副指標（PM₁₀、SO₂、CO 及 O₃）與 RAQI 之相關性（Fig.4-21），結果顯示以 PM₁₀ 與 RAQI 之相關性（相關係數 0.608）高

於 O_3 (相關係數0.320),而其次為 CO (相關係數0.188)及 SO_2 (相關係數0.00001)

4.3.4 左營測站

Fig.4-22 為 PSI 及 RAQI 於 1999~2000 空氣品質指標值分段之日數分布圖，圖中發現 PSI 以指標值介於 80~90 區段之間之日數最多（114 天），而 RAQI 則以指標值介於 10~20 區段之間之日數最多（90 天），整體日數分布趨勢 PSI 高日數集中於 20~110 區段之間，而 RAQI 高日數則以集中於 10~120 區段之間。而針對左營站空氣品質四個副指標（ PM_{10} 、 SO_2 、 CO 及 O_3 ）與 RAQI 之相關性（Fig.4-23），結果顯示以 O_3 與 RAQI 之相關性（相關係數 0.794）高於 PM_{10} （相關係數 0.696），而其次為 SO_2 （相關係數 0.229）及 CO （相關係數 0.066）。

4.3.5 前金測站

Fig.4-24 為 PSI 及 RAQI 於 1999~2000 空氣品質指標值分段之日數分布圖，圖中發現 PSI 以指標值介於 70~80 區段之間之日數最多（111 天），而 RAQI 則以指標值介於 10~20 區段之間之日數最多（86 天），整體日數分布趨勢 PSI 高日數集中於 20~100 區段之間，而 RAQI 高日數則以集中於 10~120 區段之間。而針對前金站空氣品質四個副指標（ PM_{10} 、 SO_2 、 CO 及 O_3 ）與 RAQI 之相關性（Fig.4-25），結果顯示以 O_3 與 RAQI 之相關性（相關係數 0.701）高於 PM_{10} （相關係數 0.697），而其次為 CO （相關係數 0.575）及 SO_2 （相關係數 0.176）。

4.3.6 前鎮測站

Fig.4-26 為 PSI 及 RAQI 於 1999~2000 空氣品質指標值分段之日數分布圖，圖中發現 PSI 以指標值介於 50~60 區段之間之日數最多（115 天），而 RAQI 則以指標值介於 40~50 區段之間之日數最多（96 天），整體日數分布趨勢 PSI 高日數集中於 20~100 區段之間，而 RAQI 高日數則以集中於 10~110 區段之間。由於

前鎮站屬於工業監測站，故其監測項目為 PM₁₀ 與 SO₂，而針對前鎮站空氣品質兩個副指標（PM₁₀ 及 SO₂）與 RAQI 之相關性（Fig.4-27），結果顯示以 PM₁₀ 與 RAQI 之相關性（相關係數 0.937）高於 SO₂（相關係數 0.205）。

4.3.7 小港測站

Fig.4-28 為 PSI 及 RAQI 於 1999~2000 空氣品質指標值分段之日數分布圖，圖中發現 PSI 以指標值介於 80~90 區段之間之日數最多（119 天），而 RAQI 則以指標值介於 20~30 區段之間之日數最多（63 天），整體日數分布趨勢 PSI 高日數集中於 30~110 區段之間，而 RAQI 高日數則以集中於 10~120 區段之間。而針對小港站空氣品質四個副指標（PM₁₀、SO₂、CO 及 O₃）與 RAQI 之相關性（Fig.4-29），結果顯示以 PM₁₀ 與 RAQI 之相關性（相關係數 0.746）高於 CO（相關係數 0.643），而其次為 O₃（相關係數 0.618）及 SO₂（相關係數 0.153）。

4.3.8 復興測站

Fig.4-30 為 PSI 及 RAQI 於 1999~2000 空氣品質指標值分段之日數分布圖，圖中發現 PSI 以指標值介於 30~40 區段之間之日數最多（85 天），而 RAQI 則以指標值介於 10~20 區段之間之日數最多（92 天），整體日數分布趨勢 PSI 高日數集中於 20~110 區段之間，而 RAQI 高日數則以集中於 10~130 區段之間。由於復興站屬於交通監測站，故其監測項目為 PM₁₀、SO₂ 與 CO，而針對復興站空氣品質三個副指標（PM₁₀、SO₂ 及 CO）與 RAQI 之相關性（Fig.4-31），結果顯示以 PM₁₀ 與 RAQI 之相關性（相關係數 0.916）高於 SO₂（相關係數 0.396），而其次為 CO（相關係數 0.335）。

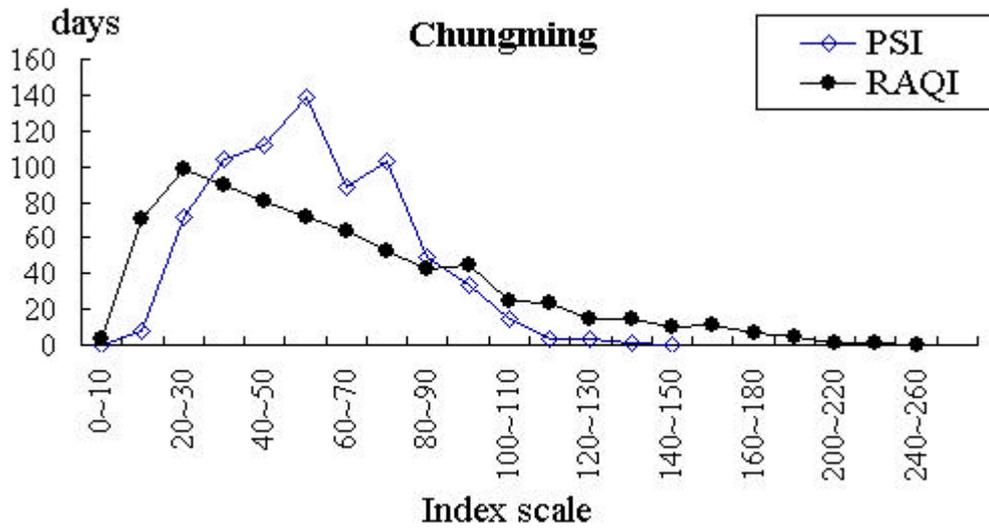


Fig. 4-16 Daily distribution of PSI & RAQI at Chungming station (1999-2000)

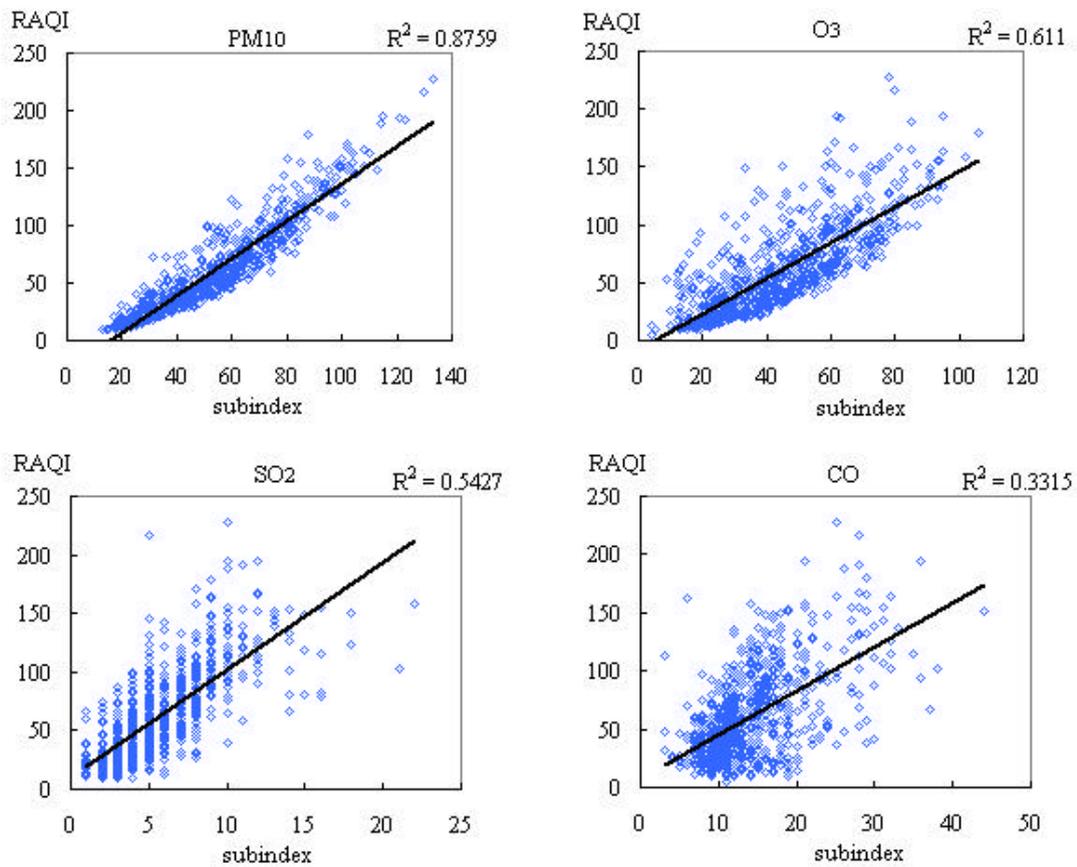


Fig. 4-17 Each subindex versus RAQI for Chungming station (1999-2000)

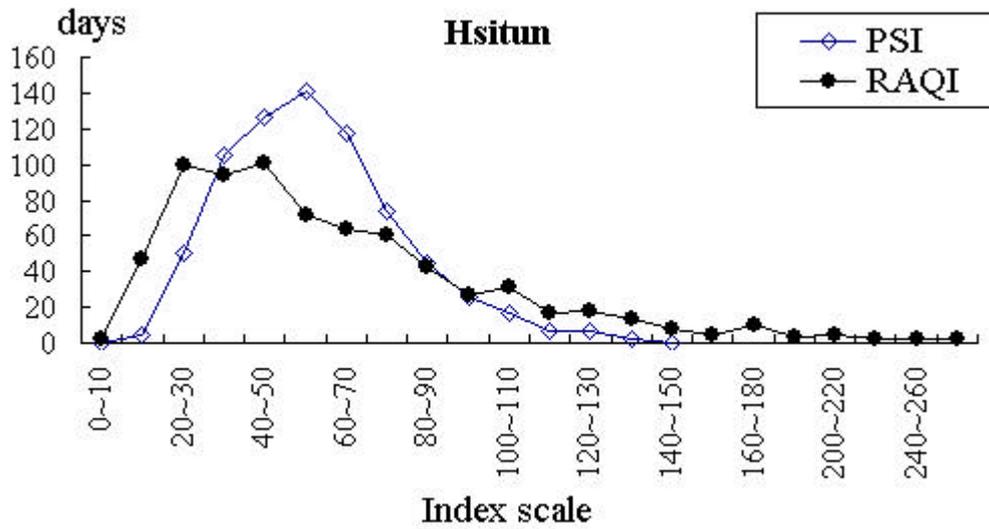


Fig. 4-18 Daily distribution of PSI & RAQI at Hsitun station (1999-2000)

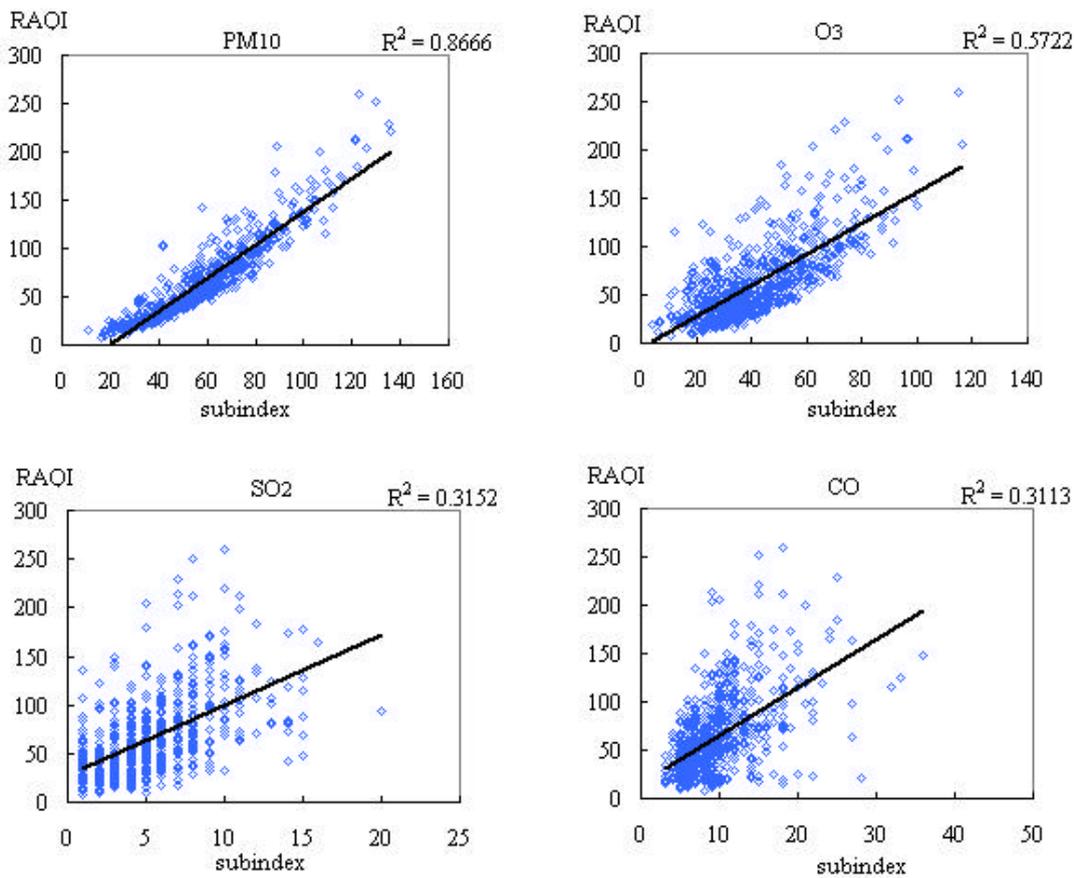


Fig. 4-19 Each subindex versus RAQI for Hsitun station (1999-2000)

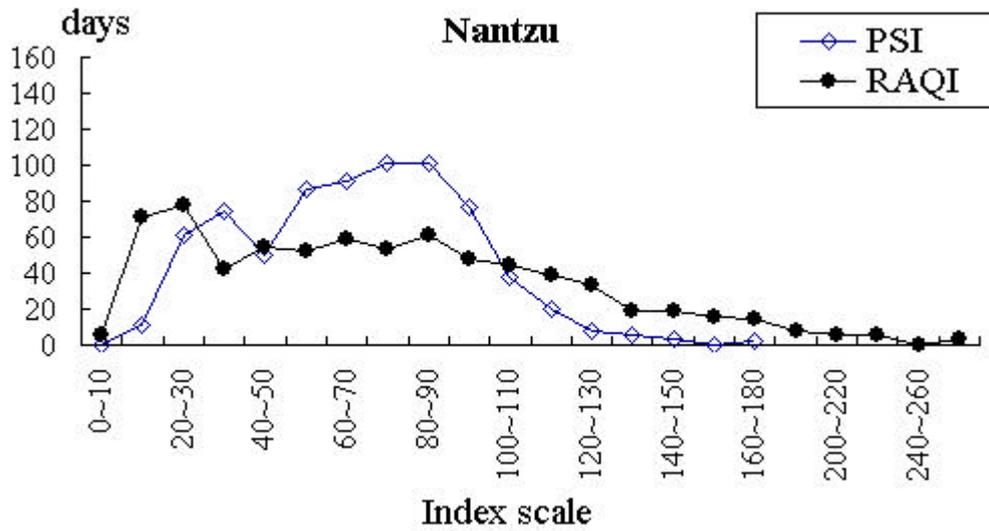


Fig. 4-20 Daily distribution of PSI & RAQI at Nantzu station (1999-2000)

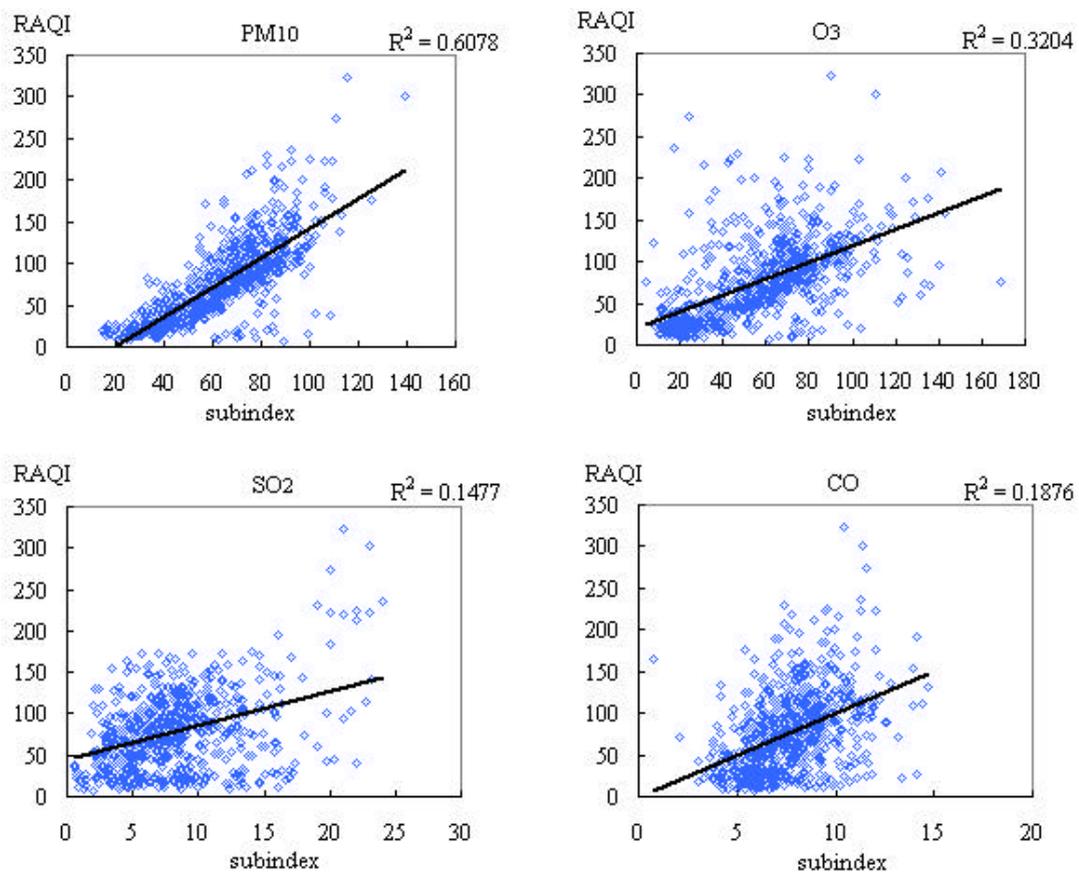


Fig. 4-21 Each subindex versus RAQI for Nantzu station (1999-2000)

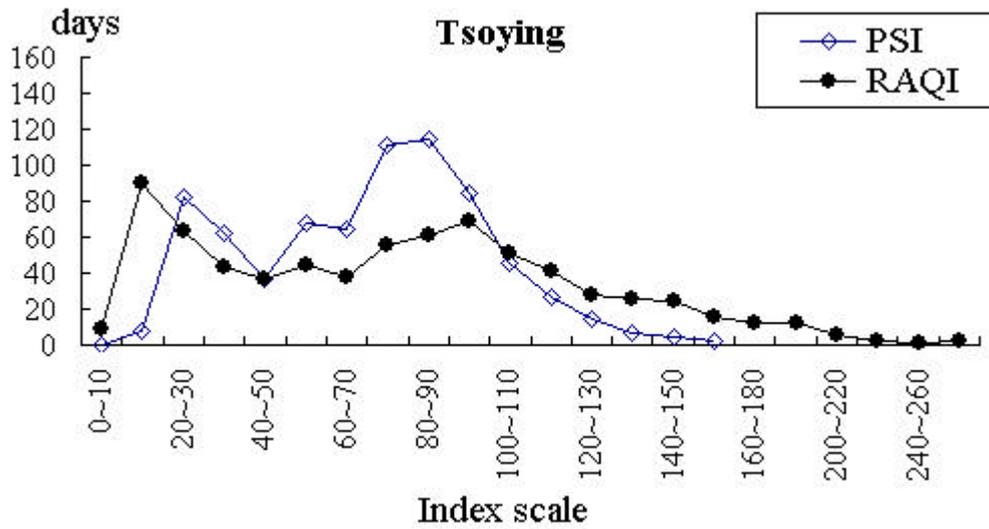


Fig. 4-22 Daily distribution of PSI & RAQI at Tsoying station (1999-2000)

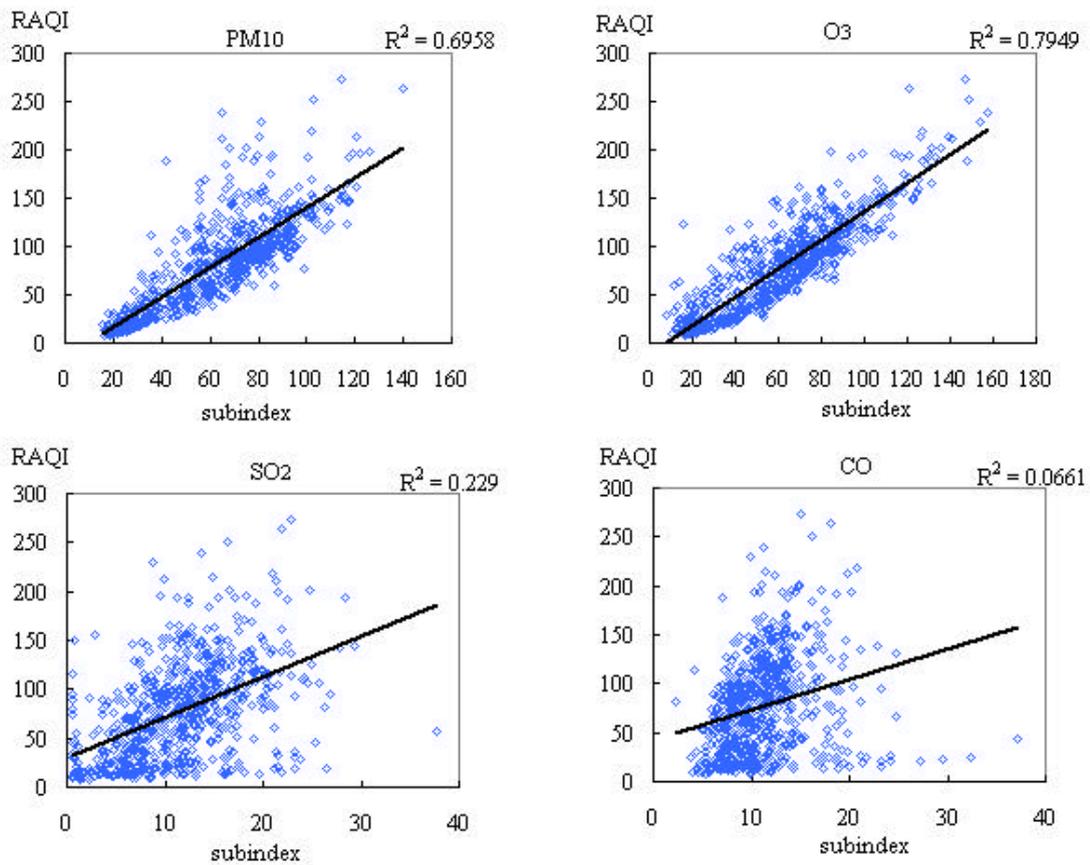


Fig. 4-23 Each subindex versus RAQI for Tsoying station (1999-2000)

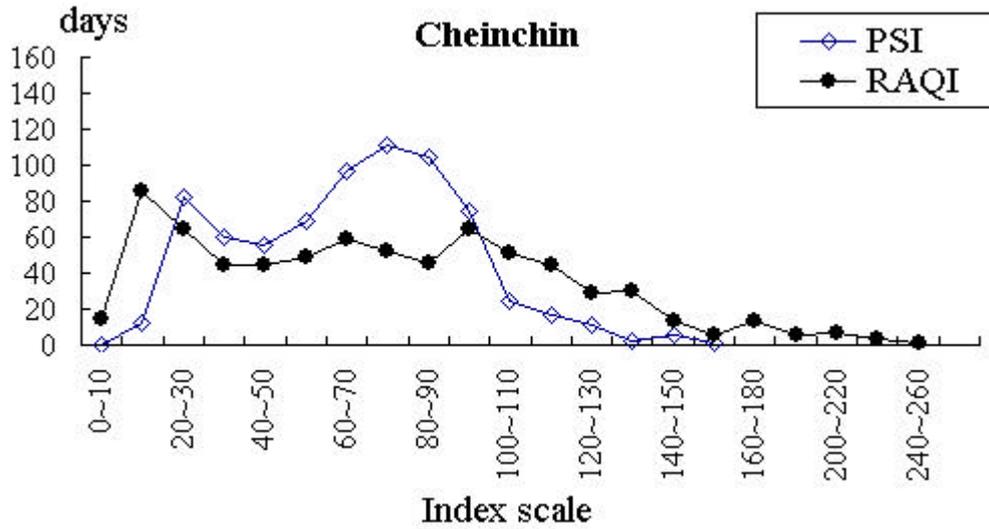


Fig. 4-24 Daily distribution of PSI & RAQI at Cheinchin station (1999-2000)

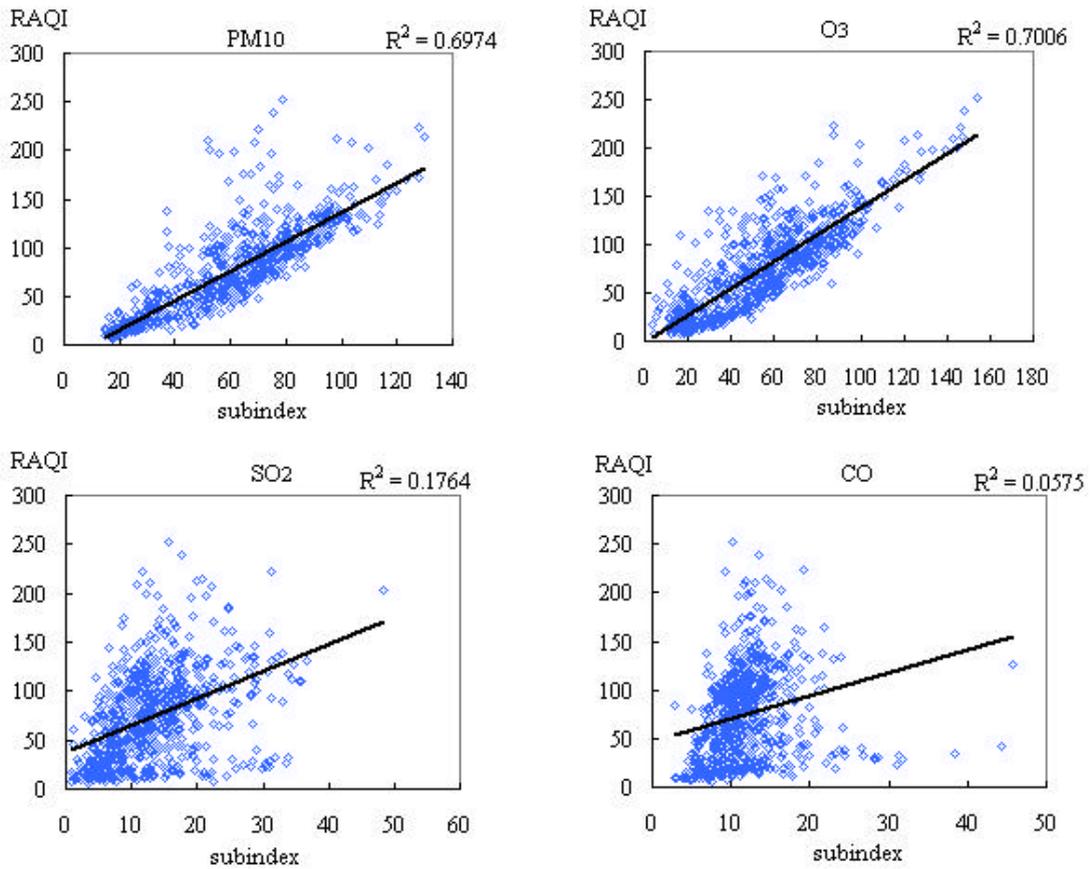


Fig. 4-25 Each subindex versus RAQI for Cheinchin station (1999-2000)

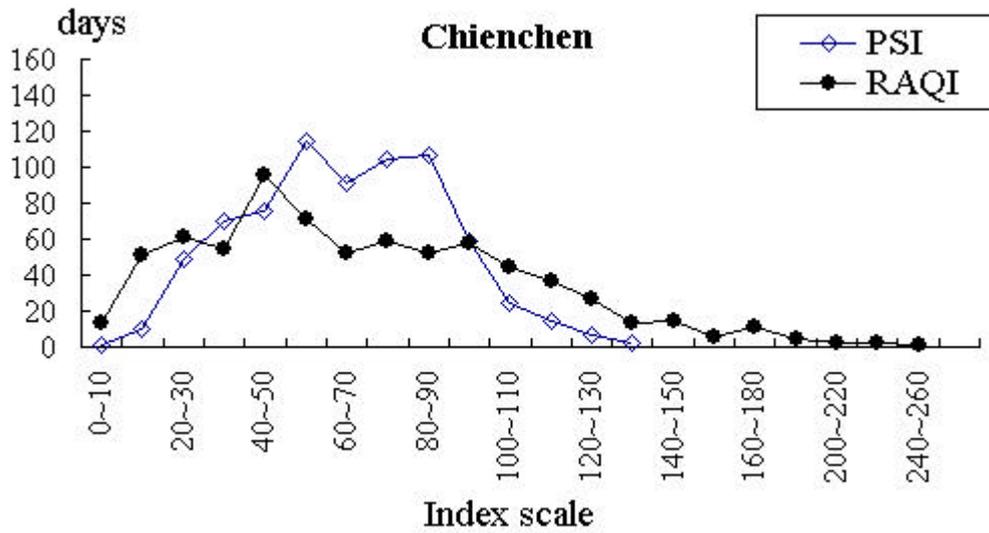


Fig. 4-26 Daily distribution of PSI & RAQI at Chienchen station (1999-2000)

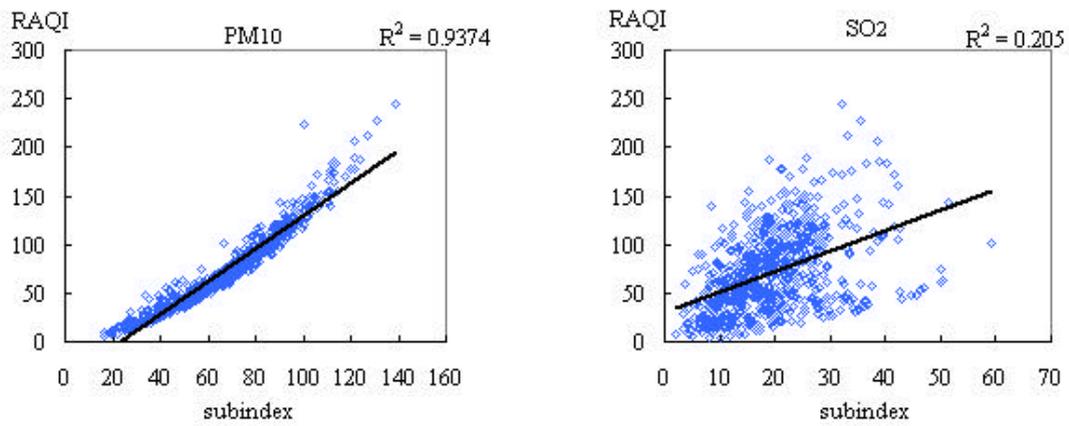


Fig. 4-27 Each subindex versus RAQI for Chienchen station (1999-2000)

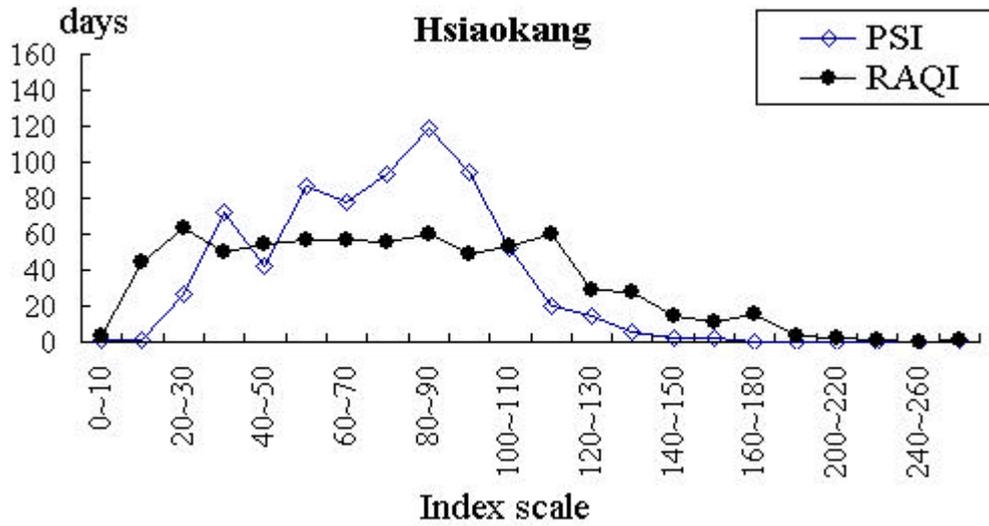


Fig. 4-28 Daily distribution of PSI & RAQI at Hsiaokang station (1999-2000)

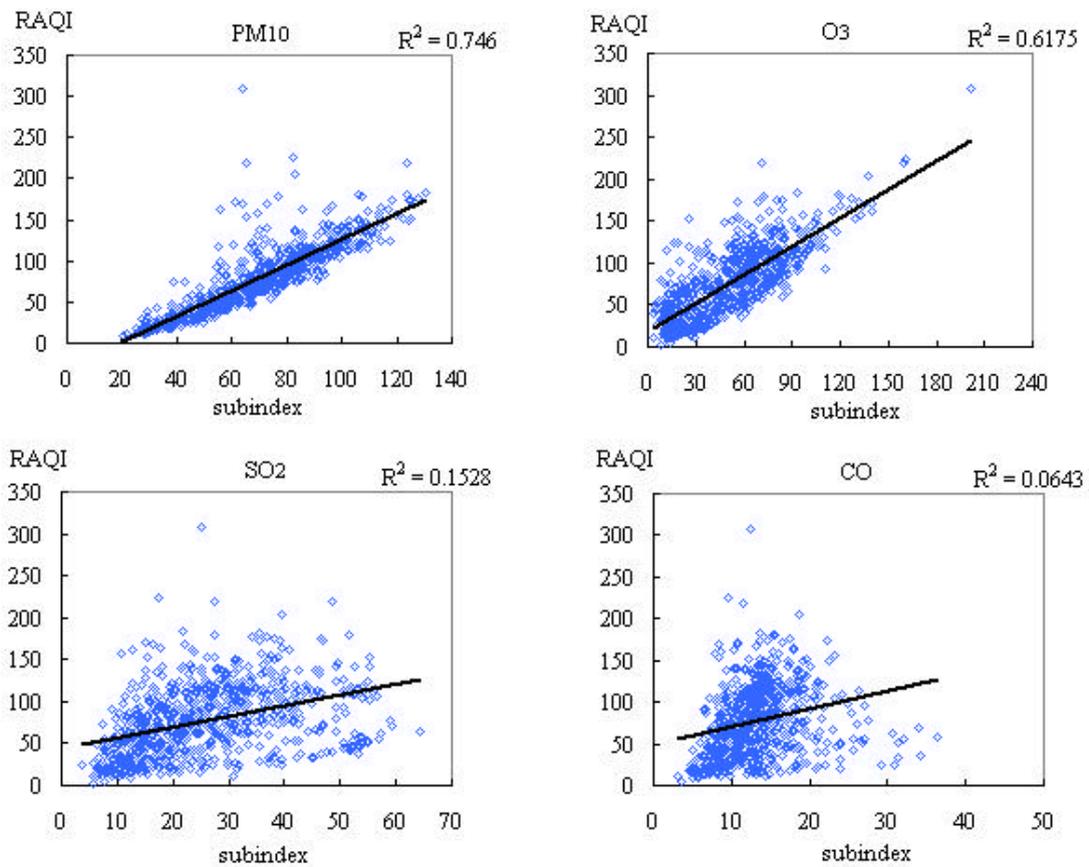


Fig. 4-29 Each subindex versus RAQI for Hsiaokang station (1999-2000)

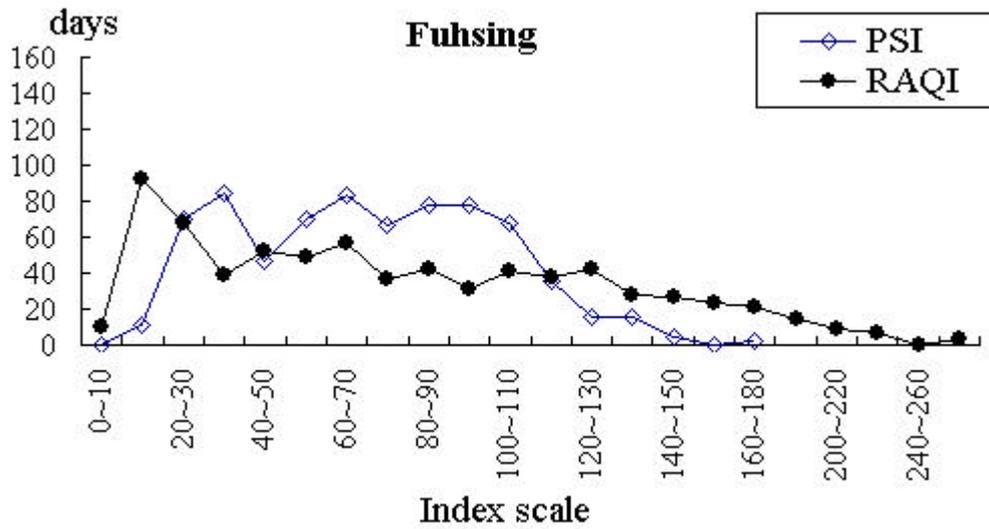


Fig. 4-30 Daily distribution of PSI & RAQI at Fuhsing station (1999-2000)

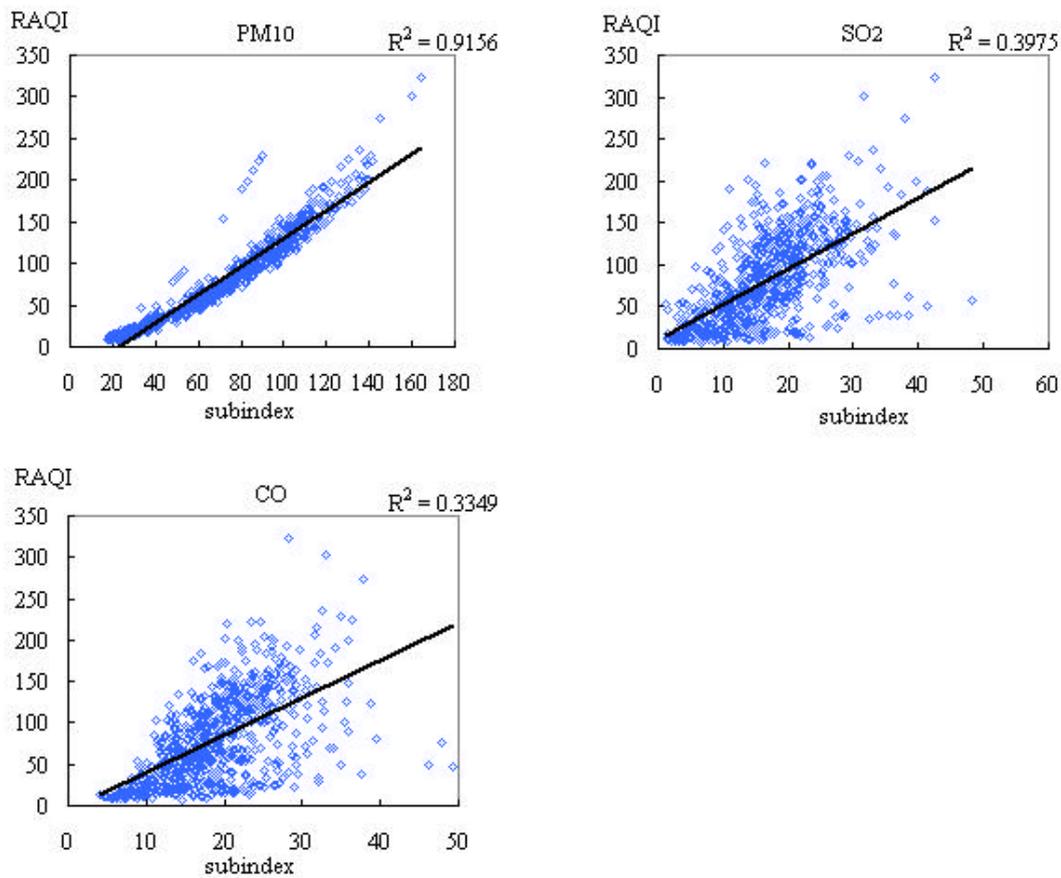


Fig. 4-31 Each subindex versus RAQI for Fuhsing station (1999-2000)

4.3.9 小結

綜合以上八個都會區監測站之 PSI 及 RAQI 空氣品質指標值分段之日數分布圖，發現由於利用均值函數與熵值函數的 RAQI 考慮了不只 PM₁₀ 與 O₃ 兩個主要嚴重污染物，而加入其它污染物的資訊使得以與取最大指標值之 PSI 加以區隔分布，也就是說 RAQI 指標值分布較為擴散，並且涵蓋範圍亦較為加大，如此 RAQI 能擴及範圍至 200 以上，指標值也不似 PSI 集中於特定區段之間，以較擴散與寬廣之指標值範圍反應出各種空氣品質情形，尤其於一些高污染事件日空氣品質不良之情形，RAQI 亦能反應出來。另外由於前鎮站屬於工業監測站，其監測項目為 PM₁₀ 與 SO₂，其主要污染源以 PM₁₀ 為主，故副指標 PM₁₀ 與 RAQI 相關性(相關係數 0.937) 高於其他都會區測站；而復興站屬於交通監測站，其監測項目為 PM₁₀、SO₂ 與 CO，主要污染源以 PM₁₀、SO₂ 與 CO 為主，故副指標 PM₁₀ 與 RAQI 相關性僅次於前鎮站，而一般在都會區 SO₂ 與 CO 濃度並不會太高，SO₂ 的主要排放是來自於點污染源及柴油機具(林春利，2002；Tsai and Cheng, 1999；程萬里，1997)，故 SO₂ 與 CO 副指標與 RAQI 相關性均較其他都會區測站高。

4.4 空品區空氣品質分析

本節將分別探討中部空品區與高屏空品區兩個空氣品質區之 RAQI 及四個副指標污染物 (PM₁₀、SO₂、CO 及 O₃) 分布情形。

4.4.1 中部空品區

Fig4-32 為以 RAQI 等級分布所繪製之中部空品區空氣品質情形，1999 年 RAQI 主要以 0~50 等級及 100~150 等級所佔的比例最高(各為 27%)，而 2000 年 RAQI 主要以 50~83 等級所佔的比例最高(29%)，其與以 PSI 所計算之等級分布(Fig.4-6) 差異在於 PSI 所計算之等級分布以 50~100 所佔的比例最高(70% 左右)，而 RAQI 考量多種污染物影響成分及增加 50~83 與 83~100 兩等級，所以

分散了以 PSI 等級分布之 50~100 等級所佔的比例。

而若探討各副指標污染物等級分布情形(Fig.4-33 及 Fig.4-34),1999 年 50~83 主要以 PM₁₀ 所佔的比例最高 (52%), 而 SO₂ 與 CO 主要分布於 0~25 等級, 分布比例達 100%, 83~100 等級分布之副指標污染物為 PM₁₀ 與 O₃, 而 2000 年 50~83 主要以 PM₁₀ 所佔的比例最高 (45%), 而 SO₂ 與 CO 主要分布於 0~25 等級, 分布比例達 100%, 83~100 等級分布之副指標污染物為 PM₁₀ 與 O₃, 而以四個副指標污染物與 RAQI 相關性情形顯示 (Fig.4-35 及 Fig.4-36), 1999 年中部空品區 RAQI 以與 PM₁₀ 相關性最高(相關係數 0.843)其次為 O₃(相關係數 0.627); 2000 年中部空品區 RAQI 以與 PM₁₀ 相關性最高 (相關係數 0.827) 其次為 O₃ (相關係數 0.538)。

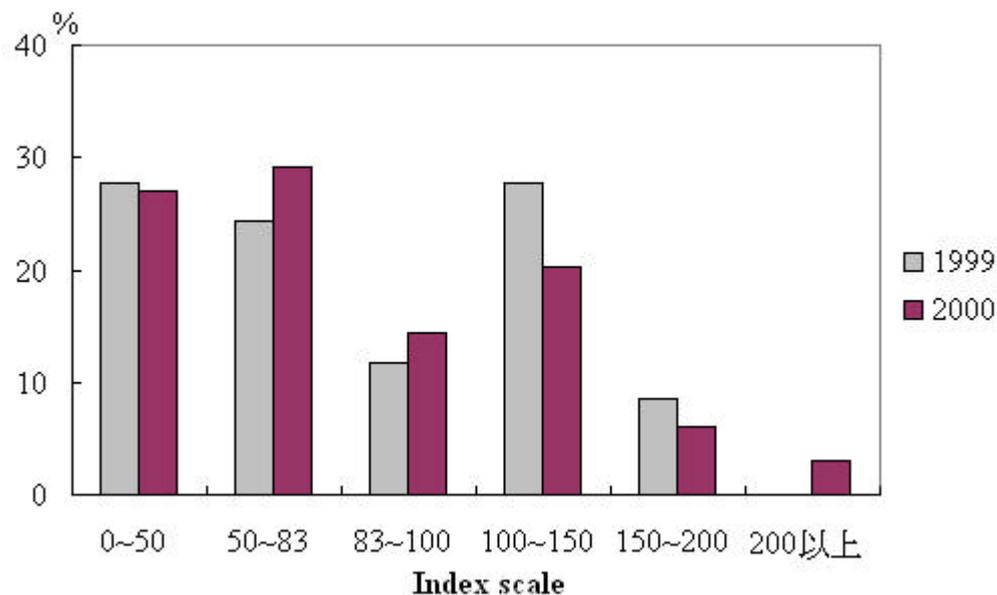


Fig. 4-32 Distribution of RAQI rank at central Taiwan air quality region

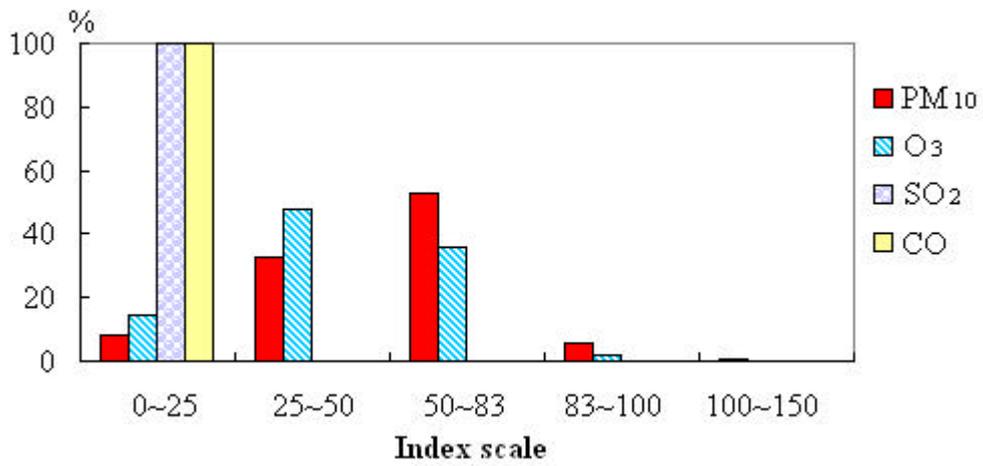


Fig. 4-33 Distribution of each subindex rank at central Taiwan air quality region (1999)

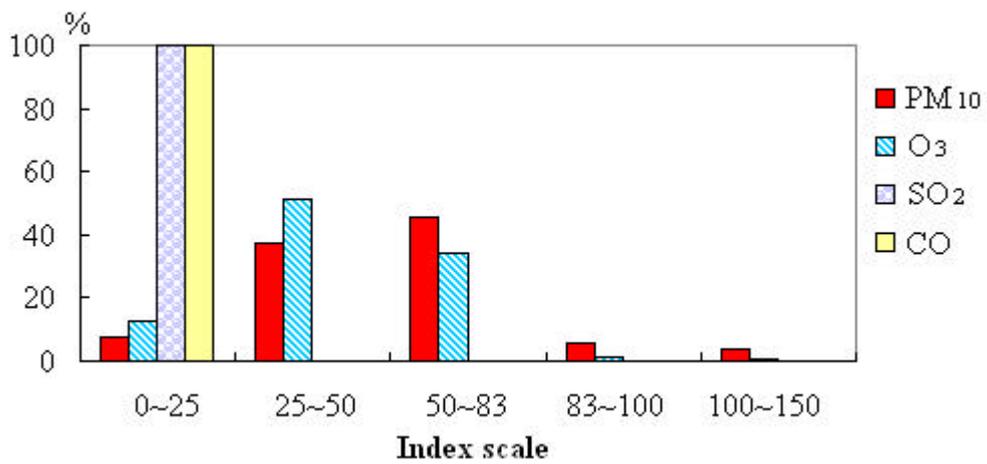


Fig. 4-34 Distribution of each subindex rank at central Taiwan air quality region (2000)

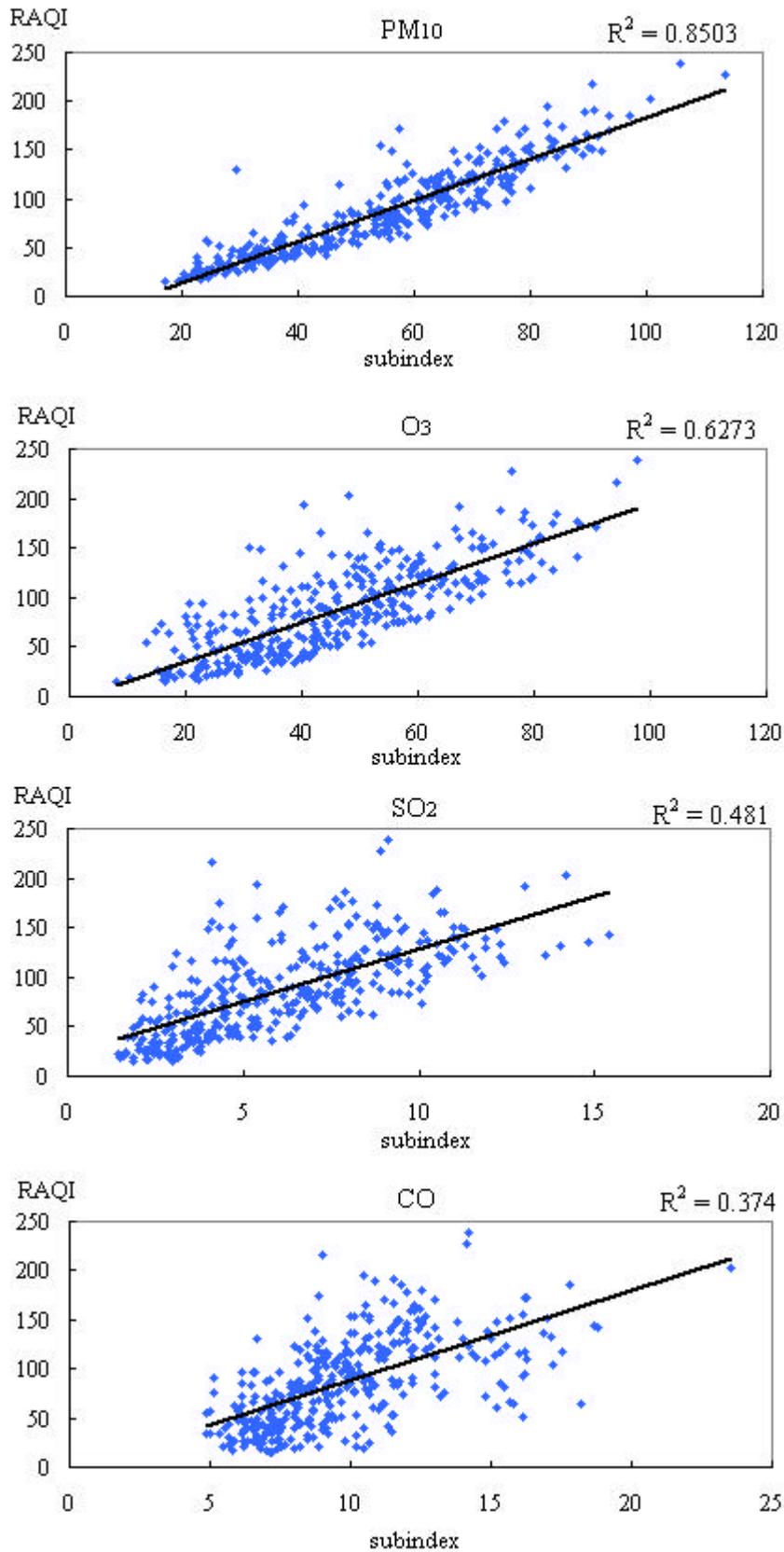


Fig. 4-35 Each subindex versus RAQI for central Taiwan air quality region (1999)

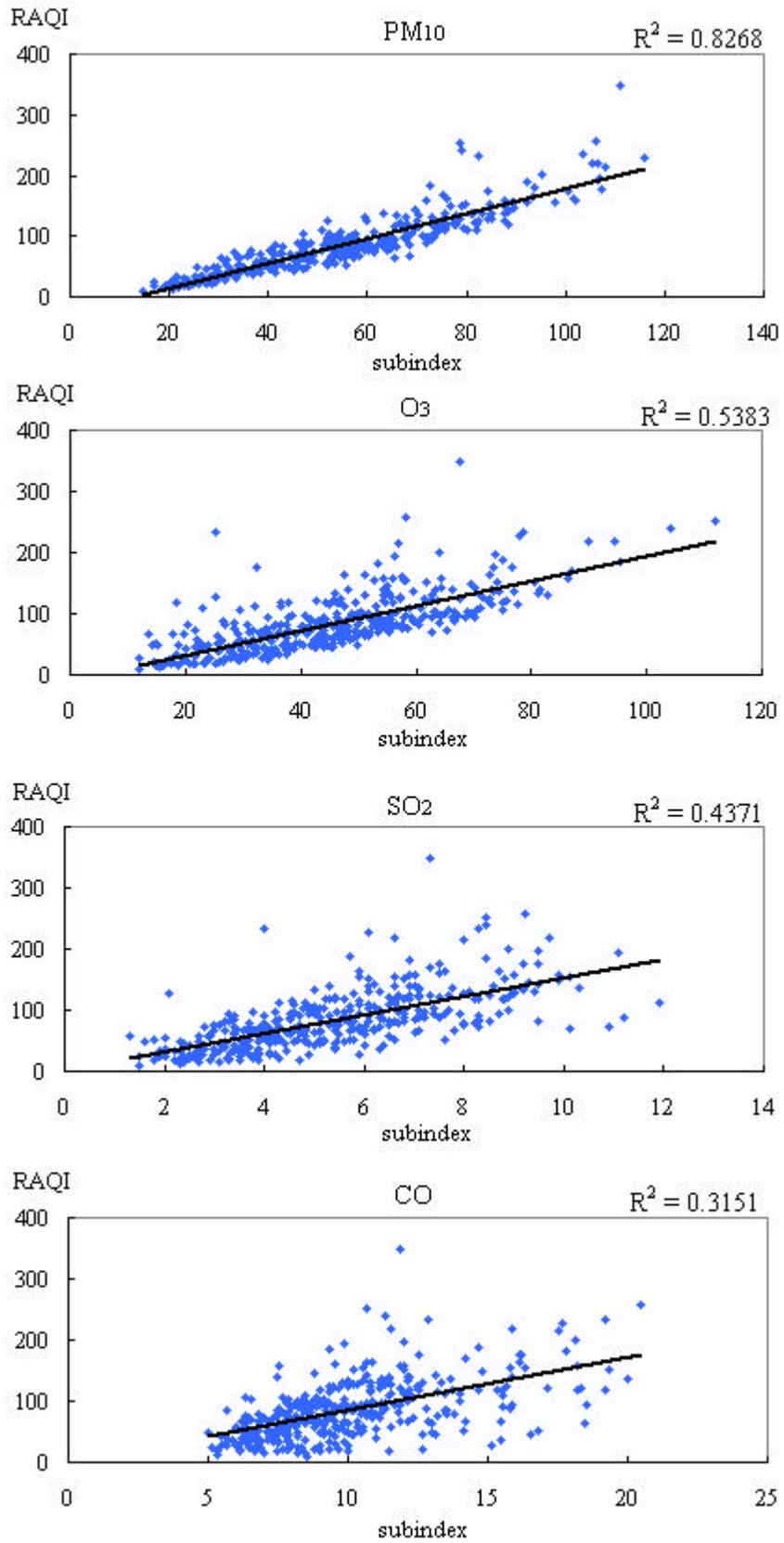


Fig. 4-36 Each subindex versus RAQI for central Taiwan air quality region (2000)

4.4.2 高屏空品區

Fig4-37 為以 RAQI 等級分布所繪製之高屏空品區空氣品質情形，1999 年 RAQI 主要以 100~150 等級所佔的比例最高（26%），而 2000 年 RAQI 主要亦以 100~150 等級所佔的比例最高（34%），其與以 PSI 所計算之等級分布（Fig.4-7）差異在於 PSI 所計算之等級分布以 50~100 所佔的比例最高（47%~55%），而 RAQI 考量多種污染物影響成分及增加 50~83 與 83~100 兩等級，所以分散了以 PSI 等級分布之 50~100 等級。而若探討各副指標污染物等級分布情形（Fig.4-38 及 Fig.4-39），1999 年 50~83 主要以 PM₁₀ 所佔的比例最高（47%），其次為 O₃（42%），而 SO₂ 與 CO 主要分布於 0~25 等級，分布比例幾乎達 100%，另 SO₂ 分布於 25~50 等級比例佔 2%，83~100 等級分布之副指標污染物為 PM₁₀ 與 O₃，而 2000 年 50~83 主要以 O₃ 所佔的比例最高（51%），其次為 PM₁₀（47%），而 SO₂ 與 CO 主要分布於 0~25 等級，分布比例達 100%，83~100 等級分布之副指標污染物為 PM₁₀ 與 O₃，而以四個副指標污染物與 RAQI 相關性情形顯示（Fig.4-40 及 Fig.4-41），1999 年高屏空品區 RAQI 以與 PM₁₀ 相關性最高（相關係數 0.742）其次為 O₃（相關係數 0.730）；2000 年中部空品區 RAQI 以與 PM₁₀ 相關性最高（相關係數 0.768）其次為 O₃（相關係數 0.608）。

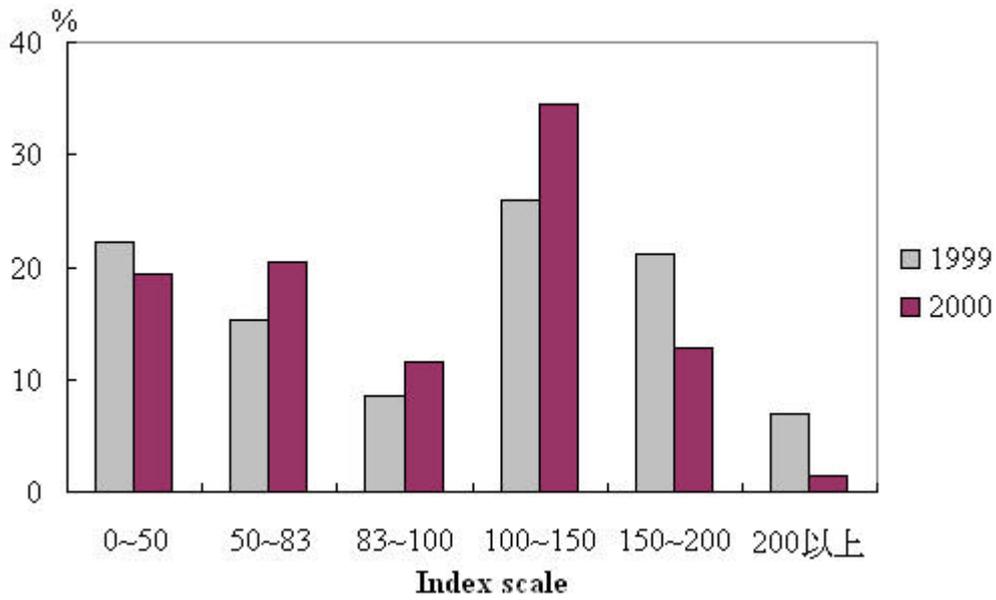


Fig. 4-37 Distribution of RAQI rank at Kaoping air quality region

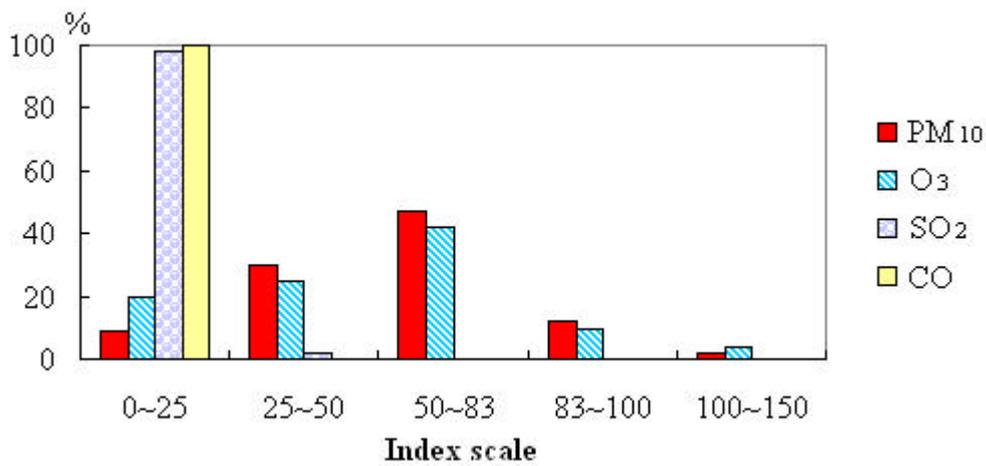


Fig. 4-38 Distribution of each subindex rank at Kaoping air quality region (1999)

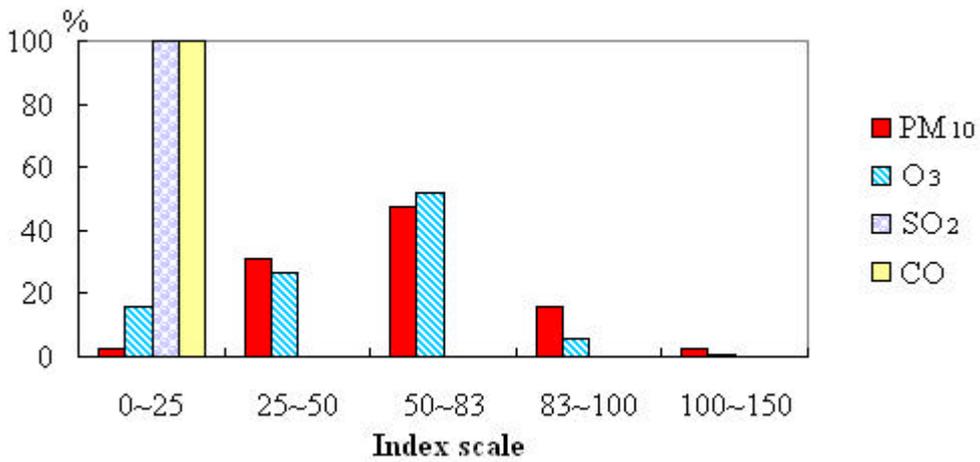


Fig. 4-39 Distribution of each subindex rank at Kaoping air quality region (2000)

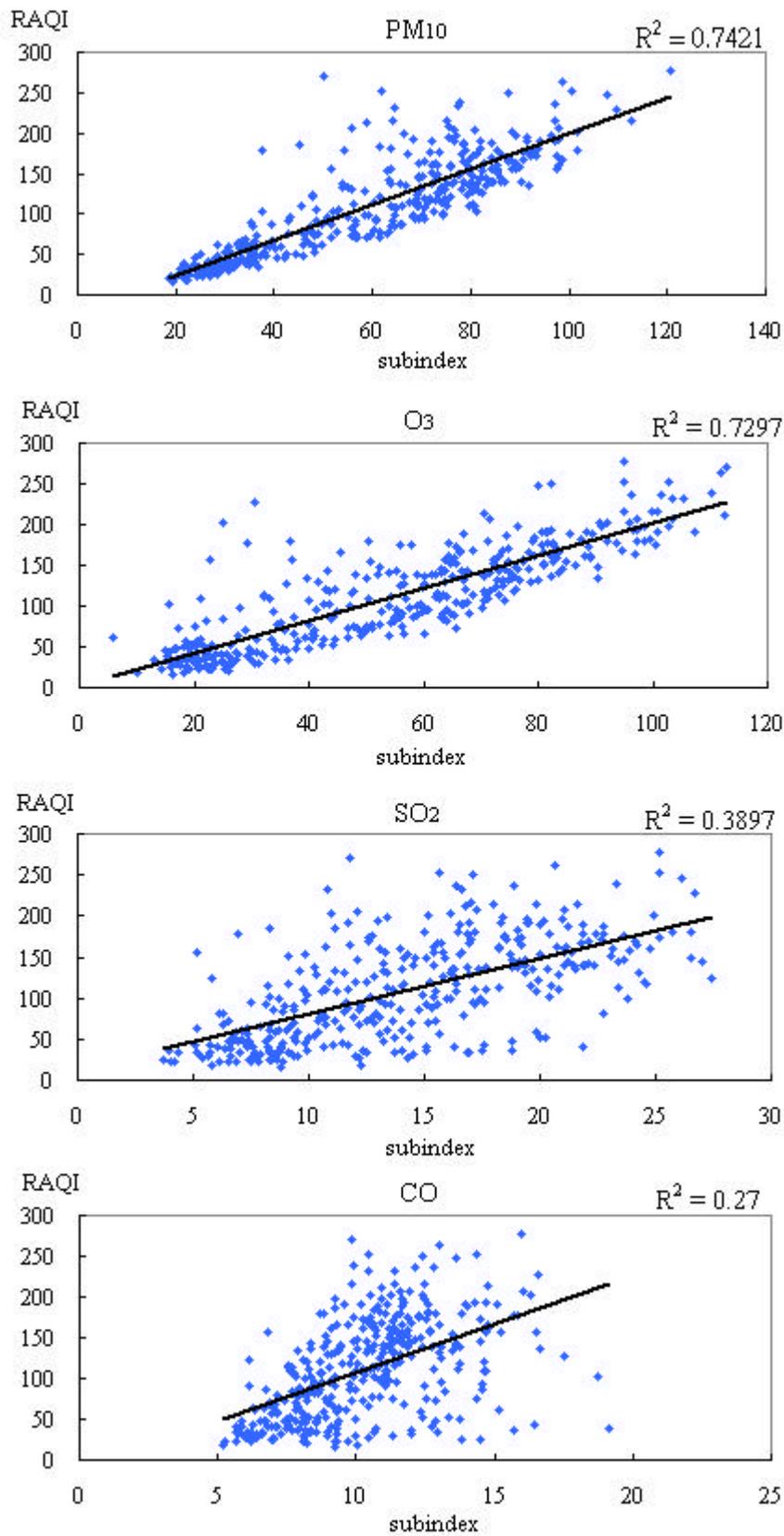


Fig. 4-40 Each subindex versus RAQI for Kaoping air quality region(1999)

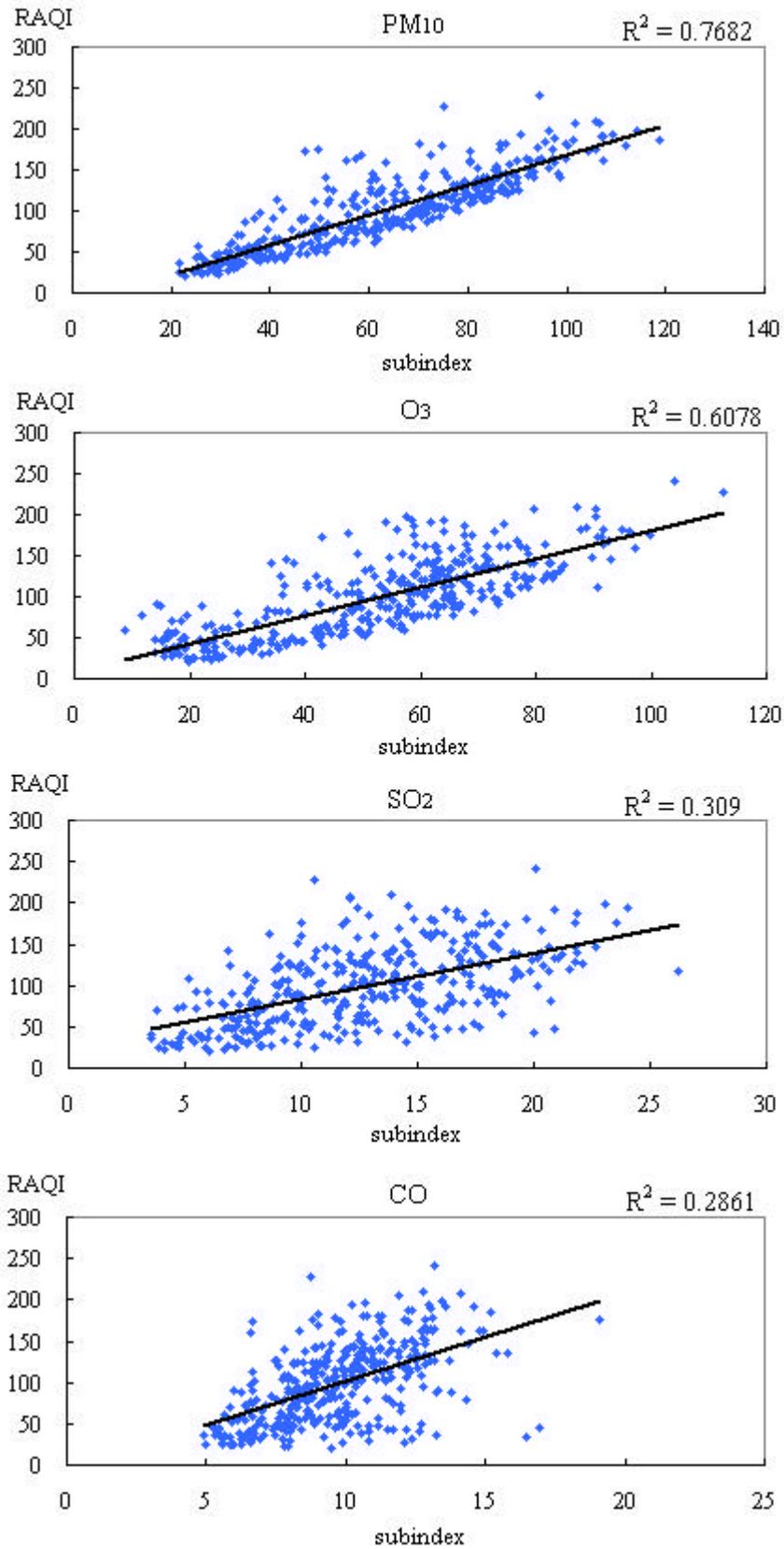


Fig. 4-41 Each subindex versus RAQI for Kaoping air quality region (2000)

4.4.3 小結

雖然 RAQI 能結合其他函數考量之原理，故能針對多重污染物之高污染情形反應出其特性，補足 PSI 只取單一污染物值之缺失，但目前只能將各污染物之多重污染資訊值納入指標值中考量，無法於 RAQI 指標值中確切瞭解各污染物間之污染情形比例，本研究就各副指標污染物與 RAQI 指標值之相關性及其於指標值各等級區段中所佔比例兩方面探討。

對於本研究將指標值系統中在 50-100 等級之線段函數，經過統計軟體計算出以 O_3 濃度 0.1ppm 對應之指標值 83 設定為在 50-100 之分級值；另外參考美國 (1999) 修訂之 AQI 系統，將 O_3 濃度 0.16ppm 對應之指標值 150 設定為 100-200 等級之分級值。其目的為彌補原 PSI 系統指標值大於 100 定義為空氣品質不良，但其污染物濃度之換算值卻與環保署規定空氣品質標準所發布之污染物濃度條件有所差異之缺失，避免造成認知上誤解之情形。而指標值 83 雖非等距之分割點，但卻能使主要副指標污染物 O_3 濃度指標值平分比例於 50-100 等級間，以求較佳分割點進而改善現行指標值大多分布於指標值 100 左右之無法明確表達空氣品質之實際情形。

由研究結果顯示影響中部空品區及高屏空品區空氣品質主要污染物以 PM_{10} 與 O_3 為主，主要分布於 50~83 等級之「普通」等級，而 SO_2 與 CO 主要分布於 0~25 等級之「非常良好」等級，本研究並發現高屏空品區 O_3 影響略高於中部空品區，此結果與林能暉 (2000) 以長期統計分析方法與中尺度環流場的概念研究發現台灣 PM_{10} 與 O_3 均由北而南趨於嚴重之結果符合。

第五章 結論與建議

5.1 結論

1. 目前 PSI 系統，難避免模糊與淡化現象而造成不具比較性指標的功能，而台灣引用當初 PSI 亦見捉襟見肘，已為學者關注探討，故本研究結合其他函數考量，進一步探討建立多元空氣品質指標 (RAQI)。
2. 本研究 RAQI 與現行環保署 PSI 於高污染期間其指標值較具差異，而於低污染期間則較無法有所區隔；並且 RAQI 所結合之其他函數於高污染季節修正現行 PSI 所產生的偏差現象之結果較顯著。RAQI 功能與 PSI 相同皆著重於指標值運用之合理性，並非以預報為重點考量，若以較長期間之監測資料應可得客觀性結果。
3. 本研究之 RAQI 於指標值 100 等級以下依臭氧濃度為考量基礎，區分為三區段等級，而參考美國 (1999) 修訂之 AQI 系統將 100-200 等級分成兩段，亦於指標值分級 100 之前後增加區段分級，應有助於環保署於每日監控空氣品質狀態時於「不良」之等級邊緣變化情形，有所警訊即瞭解。
4. 運用 RAQI 於中部空品區及高屏空品區都會區測站上，比較結果發現 RAQI 與 PSI 之指標值各區段日數分布情況有所差異，RAQI 指標值較為擴散並且涵蓋範圍加大，有助於反應高污染事件日之空氣品質。
5. RAQI 結合五種副指標污染物 (PM₁₀、O₃、SO₂、CO 及 NO₂) 之資訊及較完善空氣品質等級分級，應較具客觀及充分的代表性，供未來空氣品質指標的評估及修訂參考，並對於空氣品質改善策略與方向之研擬具助益。

5.2 建議

1. 空氣品質指標系統除了以污染物之理化物質為指標考量因子外，其他感官性因子（能見度、惡臭陳情率與學童出席率等）均可作為指標因子。但以污染物之理化物質為指標考量因子中懸浮微粒之轉換濃度與空氣品質標準兩者有所出入，易使指標系統喪失其警示與反映空氣品質之功能，也使民眾造成疑慮。
2. 由於本土各污染物對於人體健康效應之基礎醫學及流行病學研究資料缺乏，中央健康保險局雖委託國家衛生研究院（National Health Research Institutes）所建立之「全民健康保險學術研究資料」，但資料完整性亦有待補齊，建議中央政府應儘速建立完善本土研究資料庫，以供修訂空氣品質標準及作為空氣品質指標系統建構因子之參考。

參考文獻

- Anthes, R.A., Warner, T.T. (1978) Development of hydrodynamic models suitable for air pollution and other mesometeorological studies. *Monthly Weather Review*. 106 : 1045-1078.
- Babcock, L.R., Jr. (1970) An combined pollution index for measurement of total air pollution. *Journal of the Air Pollution Control Association* 20 : 653-659.
- Bisselle, C.C., Lubore, S.H. and Pikul, R.P. (1972) National environmental indices : air quality and outdoor recreation . Report No. MTR-6159, Mitre Corporation, Mclean, VA., U.S.A
- Chan, L.Y., Chan, C.Y., Qin, Y. (1998) Surface ozone pattern in Hong Kong. *Journal of Applied Meteorology* 37, 1153-1165.
- Cheng, W-L. (2002) Ozone distribution in coastal central Taiwan under sea-breeze conditions. *Atmospheric Environment*. 36 : 3445-3459.
- Cheng, W-L. (2001^a) Synoptic weather patterns and their relationship to high ozone concentration in the Taichung Basin. *Atmospheric Environment* 35, 4971-4994.
- Cheng, W-L.(2001^b)Spatio-temporal variations of sulphur dioxide patterns with wind conditions in central Taiwan. *Environmental Monitoring and Assessment*. 66 : 77-98.
- Cogliani, E. (2001) Air pollution forecast in cities by an air pollution index highly correlated with meteorological variables. *Atmospheric Environment*. 35 : 2871-2877.
- Fensterstock, J.C., Goodman, K., Duggan, G.M., Baker, W.S.(1969)The development and utilization of an air quality index. Present at the 62nd Annual Meeting of the Air Pollution Control Association Paper. 69-73.
- Green, M.H. (1996) An air pollution index based on sulfur dioxide and smoke shade .

- Journal of the Air Pollution Control Association 16 : 703-706.
- Harrison, R.M., Deacon, A.R., Jones, M.R. (1997) Sources and processes affecting concentrations of PM₁₀ and PM_{2.5} particulate matter in Birmingham (U.K.) Atmospheric Environment 31, 4103-4117.
- Inhader, H. (1975) A set of suggested air quality indices for Canada . Atmosphere Environment 9 : 353-364.
- Ludwig, B., Tulbure, I. (1996) Contributions to an aggregated environmental pollution index. Proceedings of Intersociety Energy Conversion Engineering Conference 31st. 2144-2149.
- Malakos, M., Wong, K. (1999) Proposed pollutant index to incorporate synergistic effects. International Journal of Environment and Pollution 12(1), 73-80.
- Miller, M.E., Holzworth, G.C. (1976) An atmospheric diffusion model for metropolitan areas. Journal of Air Pollution Control Association 26 : 46-50.
- Miller, T.L. (1973) Short time averaging relationship to air quality standards (STARAQS) --A predictive air quality index model for use by air pollution agencies ,Paper NO.73-351,Presented at the 66th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association.
- North, G.R., Mengel, J.G. Short, D.A. (1983) Simple energy balance model resolving the seasons.and the continents. Application to the astronomical theory of the ice ages. J. Geophys. Res., 88, 6576-6586.
- Ott, W.R. (1978) Environmental indices : theory and practice, Ann Arbor Science Publishers.
- Ott, W.R., Thom, G.C. (1976^a) A critical review of air pollution index systems in the United States and Canada. Journal of the Air Pollution Control Association 26, 460-470.
- Ott, W.R., Thom, G.C.(1976^b) Air pollution indices: a compendium and assessment of

- indices used in the united state and Canada. Ann Arbor Science Publishers, New York, NY, U.S.A.
- Perrino, C., Pietrodangel, A., Fevo, A. (2001) An atmospheric stability index based on radon progeny measurements for the evaluation for primary urban pollution. Atmospheric Environment. 35 : 5235-5244.
- Pont, V., Fontan J. (2000) Local and regional contributions to photochemical atmospheric pollution in southern France. Atmospheric Environment 34, 5209-5223.
- Ross, Q. J. (1986) Induction of decision trees. Machine Learning 1 ,81-106.
- Radojevic, M., Hassan, H. (1999) Air quality in Brunei Darussalam during the1998 haze episode. Atmospheric Environmen 33, 3651-3658.
- Shannon, C.E. (1948) A mathematical theory of communication. Bell System Tech. J. 27, 379-423.
- Swamee, P. K., Tyagi, A. (1999) Formation of an air pollution index. Journal of the Air & Waste Management Association 49, 88-91.
- Tsai, Y.I. and Cheng, M.T. (1999) Visibility and aerosol chemical compositions near the coastal area in Central Taiwan. The Science of the Total Environment 231 : 37-51.
- United Nations (1984) A framework for the development of environment statistics. Series M 78, UN, New York.
- Wu, H. W. Y., Chan, L. Y. (1997) Comparative study of air quality surveillance networks in Hong Kong. Atmospheric Environment. 31 : 935-945.
- 王秋森 (1999) AQI 與 PSI 制度之比較探討與研析。行政院環境保護署 EPA-88-FA31-03-010。
- 李俊毅 (1996) 都市空氣品質與指標之研究-以台中縣市為例。東海大學環境科學研究所碩士論文。

- 李俊毅、丘依樞 (1996) 都市空氣品質與指標之探討-特別以熵函數為觀點。第四屆海峽兩岸環境保護學術研討會, 643-650。
- 林沛練、張隆男、陳景森 (1990) 海風邊界層之發展與污染物濃度的日變化。大氣科學 18 : 287-307.
- 林春利 (2002) 台中火力發電廠排煙脫硫設備 (FGD) 對中部空品區之探討。中華民國環境保護學會會誌 25 : 54-81.
- 林振山、楊修群 (1995) 理論氣候學。南京大學出版社。
- 林能暉, 2000, 北中南空品區 O₃ 與 PM₁₀ 污染之氣象條件研究。國科會/環保署科技合作研究計劃報告。
- 林瑞雄 (1999) 不同空氣污染地區之人體肺功能及血液形態。空污費計畫報告。
- 林瑞雄 (1992) 空氣污染健康危害指標及資料庫的建立。行政院環保署。
EPA-024-810337
- 林瑞雄 (1989) 空氣污染健康危害指標之研究。行政院環保署。
- 袁君秋 (2002) 台灣地區空氣品質指標之探討。台灣大學環境工程研究所碩士論文。
- 張家豪 (2002) 空氣污染與每日呼吸性疾病門診人數之研究。東海大學環境科學研究所碩士論文。
- 郭育誌、程萬里、林沛練、張良輝、林佐美、陳育松、黃釋慧、陳杜甫 (2003) 以熵函數構建空氣品質指標之案例探討。環境保護 (in press)。
- 郭育誌 (2002) 中部空品區 PM₁₀ 受天氣條件影響之解析。第十九屆空氣污染控制技術研討會論文專輯。
- 陳志安 (1999) 以屬性導向歸納法挖掘資料異常之研究。中央大學資訊管理研究所碩士論文。
- 游靜秋 (1997) 台灣地區環境品質指標建構之研究。台灣大學環境工程研究所碩士論文。
- 程萬里 (2003) 高屏空品區空氣污染總量管制計劃 (子計劃一) 多元空氣品質指

標之建立研究。國科會/環保署科技合作研究計劃報告。

程萬里 (1997) 台中電廠附近地區空氣污染物 (SO₂) 濃度分佈調查。台灣電力公司研究計劃報告。

黃宗煌 (1995) 台灣地區環境品質規劃--台灣環境指標。行政院環保署。
EPA-84E102-09-07

黃怡嘉 (2001) 中部空品區高臭氧日氣象條件之解析。中華民國環境保護學會會誌 24 : 26-50.

黃景祥 (2000) 空氣污染健康影響分析方法的研究。國科會/環保署科技合作研究計畫報告。

蔡春進、陳重吉 (1992) 空氣污染指標的評估與修訂。第三屆環境決策與管理研討會論文集 : 271-277.

鄭佳芳 (1999) 南高屏地區伴隨臭氧污染事件之環流場特徵分析。中華民國環境保護學會會誌 22 : 120-129.

鄭曼婷 (2000) 中部地區空氣污染總量管制技術資料建立與應用。行政院環保署。

環保署 (2000) 空氣品質保護 25 年紀實 (1975-2000)。環保署空保處。

行政院環保署網頁 (2003) : <http://www.epa.gov.tw>

美國環保署網頁 (2003) : <http://www.epa.gov>

加拿大環保署網頁 (2003) : <http://www.airqualityontario.com>

英國環境部網頁 (2003) : <http://www.environment-agency.gov.uk>

澳洲環保署網頁 (2003) : <http://www2.epa.nsw.gov.au/airqual/web24hsum.asp>

紐西蘭環保署網頁 (2003) : <http://indicators.niwa.cri.nz>

香港環境保護署網頁 (2003) : <http://www.epd.gov.hk/epd/cindex.html>