

92 年 7 月

多元空氣品質指標 (RAQI) 應用之探討

林佐美* 陳育松* 郭育誌* 程萬里*

摘 要

本研究以熵函數 (entropy function) 概念研發出修正現行空氣品質指標之 RAQI (Revised Air Quality Index, RAQI)，以結合函數 (aggregating function) 計算選取指標值及增訂指標等級分級，改善現行污染物標準指標 (Pollutant Standards Index, PSI) 之選取副指標值最大值作為當日之 PSI 指標，以及 PSI 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空氣品質標準與發布各級空氣品質惡化警告之污染物濃度條件有所差異，容易造成認知上誤解之情形。

研究結果顯示，以 1999 年至 2000 年之中部空品區及高屏空品區為例，RAQI 與現行 PSI 差異性顯著，並於高污染之情況下產生空氣品質指標值差異分歧；另一方面運用 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。由於 RAQI 結合五種副指標污染物(PM10、SO₂、CO、NO₂ 及 O₃)之資訊及完善空氣品質等級分級，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。

關鍵詞：污染物標準指標、熵函數、修正現行之空氣品質指標。

一、前 言

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，以 PSI 值 100 作為評估空氣品質「普通」與「不良」之界線，提供社會大眾一種簡單明瞭的空氣品質指標，而環保署亦以 PSI 大於 100 之站日數比例訂定未來空氣品質目標。台灣地區每日 PSI 值主要以五種主要污染物選其中之一副指標值之最大值表示，因此 PSI 並無法同時反應多種污染物之危害程度，一般指標值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，尤其特別是對敏感族群。

PSI 值之訂定為利用污染物濃度換算為副指標所得，大致架構沿用美國環保署制定之指標，欠缺本土的影響因素。故本研究就其污染物濃度轉換指標基準、副指標結合方式、及架

* 東海大學環境科學系

構方面進一步探討比較，並參考李俊毅、丘依樞(1996)所提及以熵函數為觀點探討指標及袁君秋(2002)所分級之新空氣指標尺度，選擇適合本土的方式，以建立多元空氣品質指標 (Revised Air Quality Index, RAQI)。

由歷年統計資料顯示，PSI 大於 100 之站日數發生率受季節及空間性(地理位置)之影響顯著，許多學者研究亦指出綜觀天氣與出現高污染物濃度值有密切相關 (Cheng, 2001; Cheng et al, 2001; Cheng, 2000; Pont and Fontan, 2000; Chan et al, 1998; Harrison et al, 1997)，故本研究選擇中部空品區及高屏空品區兩個不同之區域作為案例探討，以 1999 及 2000 年監測數據進行試算，進一步探討多元空氣品質指標 RAQI 之可應用性，提供有關單位對空氣品質另一有效之評估參考。

二、中部與高屏空品區空氣品質概況

2.1 空氣品質指標之概念

引用美國環保署使用之污染標準指標；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、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(王秋森，1999)。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。

2.2 中部與高屏空品區空氣品質概況

由於空氣污染物之傳送受地形與氣象條件相互影響，而有區域性之特性，故環保署依地理及環境特性將台灣分成七大空氣品質區。依據環保署空氣品質資料統計顯示，在台灣七個空品區中以高屏空品區(包括高雄市、高雄縣及屏東縣)空氣品質不良占總監測日數比例最高，而其次為中部空品區(包括台中市、台中縣、彰化縣及南投縣)。如高屏空品區 2000 年一般測站 PSI 年平均值為 68，為各區空氣品質指數最高者，1999 年 PSI 年平均值為 66，該區 PSI 大於一百之比例約 10.37%；而中部空品區 2000 及 1999 年一般測站 PSI 年平均值皆為 59，PSI 大於一百之比例約 3.65%。

中部空品區內有十座監測站，分別為西屯站、忠明站、豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站、二林站、線西站、南投站、竹山站，其中線西站為工業測站外，其餘皆為大氣測站；而高屏空品區全區十六個監測站，包括前金、美濃、鳳山、楠梓、屏東、潮州、仁武、林園、大寮、左營、小港及三民，除了橋頭為背景測站、前鎮為工業測站、復興為交通測站及恆春

為公園測站外,其餘十二個為大氣測站。由於資料龐大彙整不易加上缺值日數多,故選定 1999 及 2000 年為案例,探討 RAQI 運用情形及 RAQI 與 PSI 之分布比較。

三、多元空氣品質指標之研究方法

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)。故本研究納入熵函數結合最大操作行函數建構多元空氣品質指標。

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,有相關的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,資訊含量最低者也就表示它所含有的樣式最少,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 C. E. 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,提出一空氣品質指標建議方案 (李俊毅與丘依樞, 1996; Cheng et al., in press)。

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

其中 I_1, I_2, \dots, I_5 分別為 PM10, SO₂, CO, NO₂, O₃ 五種副指標值; 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 $\frac{\sum_{j=1}^5 Ave_{daily} [I_j]}{Ave_{annual} \left[\sum_{j=1}^5 Ave_{daily} [I_j] \right]}$ ，稱為背景算術平均指標值，用以當作該測站之現況預警

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

$\frac{Ave_{annual} \{Entropy_{daily} [Max[I_1, I_2, \dots, I_5]]\}}{Entropy_{daily} [Max[I_1, I_2, \dots, I_5]]}$ ，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）。由於一般指標值往往會產生偏差情形，包含模糊（ambiguity）與遮蔽（eclipse）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；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。

本研究同時參考新空氣指標尺度分級（袁君秋，2002），該系統建立於我國 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。將 PSI 系統中在 50-100 等級之線段函數以 O₃ 濃度 100ppb 對應之指標值 83 設定為本研究在 50-100 之分級值；將 O₃ 濃度 160ppb 對應之指標值 150 設定為 100-200 等級之分級值。該系統全距為 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，如表 1 所示。

本研究運用熵函數構建一多元空氣品質指標公式，並採用 1999-2000 年環保署中部與高屏地區空氣品質測站監測資料將 PM₁₀，SO₂，CO，NO₂，O₃ 五種副指標值之污染物值轉換成 PSI 值，再將其代入本研究假設一合理之多元空氣品質指標(RAQI)之結合函數。並將計算出來的 RAQI 與新空氣品質指標尺度做一比較探討。

表 1 新空氣品質指標尺度分級

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

四、結果與討論

本研究試圖導入熵函數觀念修正 PSI，而導入熵函數運算即將該測站每日之指標值取 \log 值以 10 為底之熵值，目的是用以區別同一平均指標值的不同資訊涵義，具體說明意義是當指標值較平均時（污染相對較不嚴重）熵值越大，反觀當指標值較為擴散時（污染相對較嚴重）熵值越小。而運用熵函數構建多元空氣品質指標並試算，其結果分析如下：

4.1 RAQI 公式演算探討

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，現行 PSI 簡單而言是最大操作型函數（maximum value）來作為指標值考量（Malakos and Wong, 1999），故將 RAQI 所運用之三項函數逐一比較。結果發現當在較為嚴重之竹山與潮州測站時，平均函數值與最大操作函數之數值分布相關性甚高，數值趨勢線幾乎重疊如圖 1 及圖 2 所示；而在相對較低污染之沙鹿與恆春測站時，平均函數值與最大操作函數之數值分布相關性偏低，並在高污染期間(春季、秋季及冬季)數值分布情形差異更大如圖 3 圖 4；熵函數於上述兩者呈反向之線性關係，其可彌補現行 PSI 現況預警之相對模糊與遮蔽現象，使平均函數值與最大操作

函數不致於因為污染嚴重情況下造成空氣品質指標極端化，且在高污染時較能具有修正 PSI 之實質效果。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，此指標除有現況預警功能外，更能做為比較性指標。

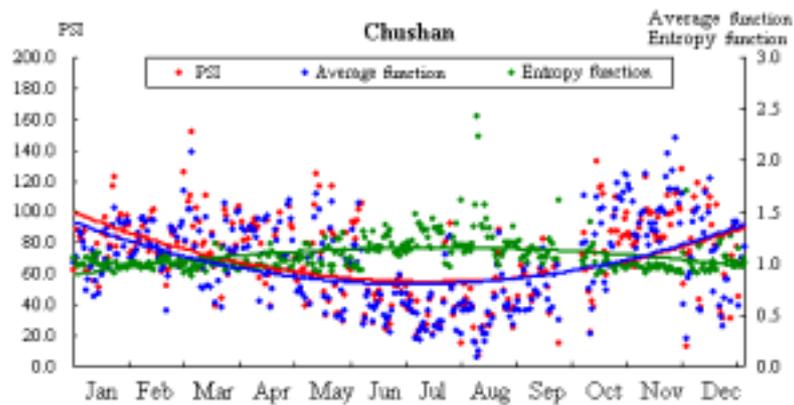


圖 1 1999 年竹山測站 RAQI 之各項函數值比較圖

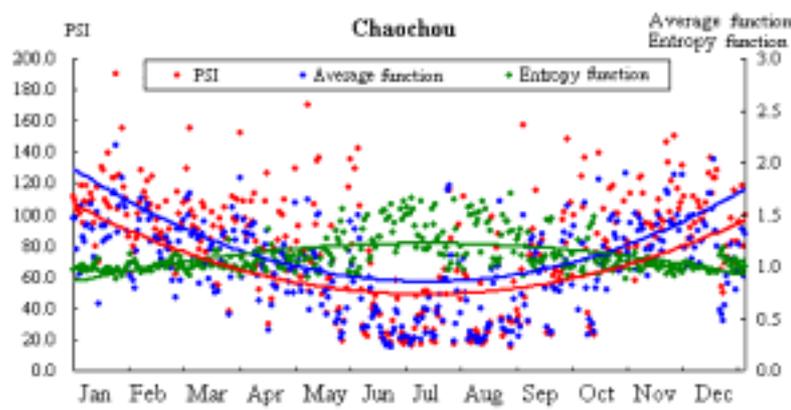


圖 2 1999 年潮州測站 RAQI 之各項函數值比較圖

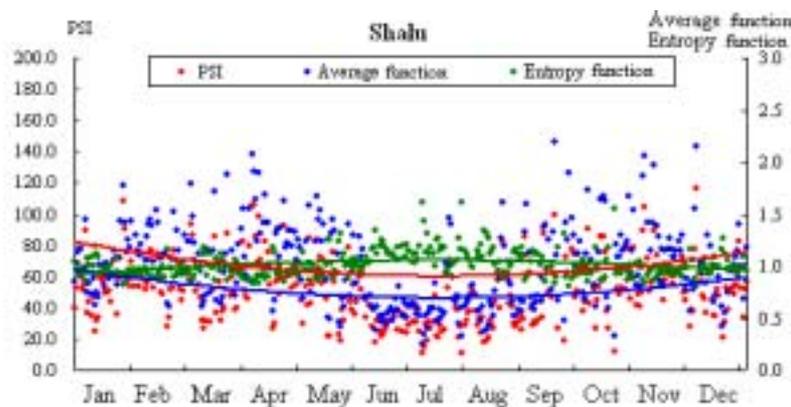


圖 3 1999 年沙鹿測站 RAQI 之各項函數值比較圖

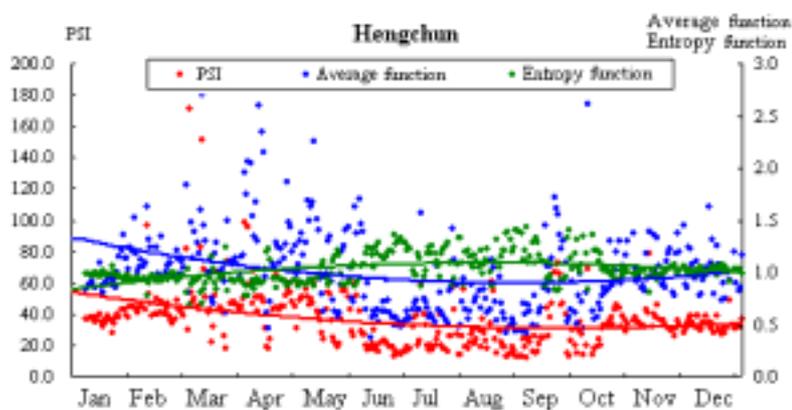
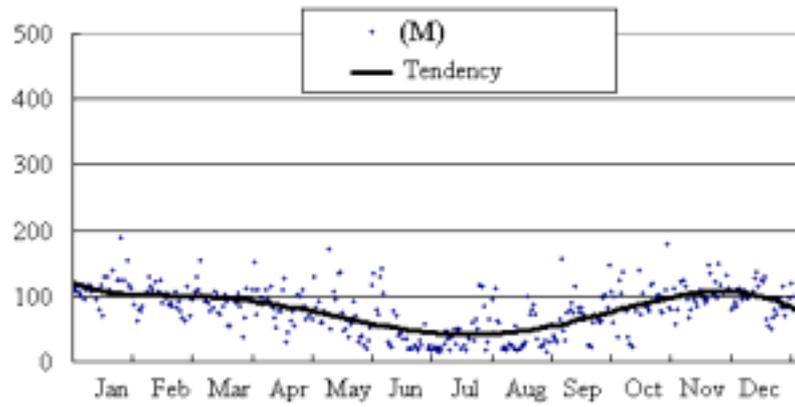
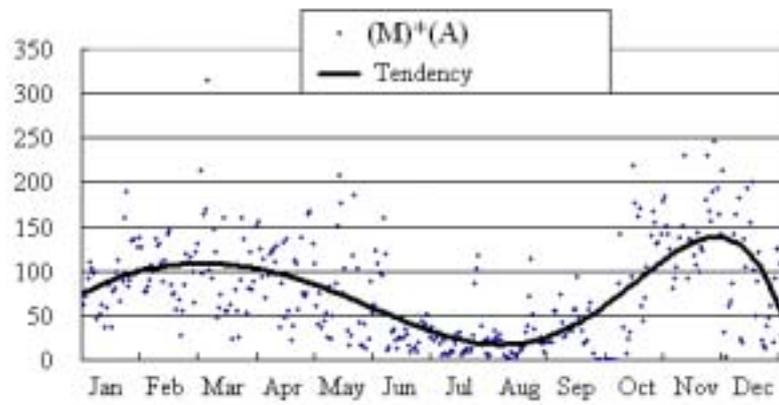


圖 4 1999 年恆春測站 RAQI 之各項函數值比較圖

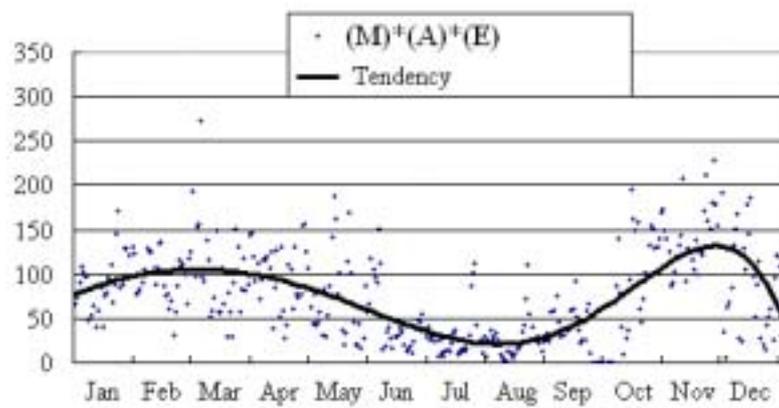
在 1999 年中部與高屏空品區空氣品質中，以空氣品質為嚴重之竹山測站為探討，就單一測站以竹山為例，若將 RAQI 所運用之三項函數逐一加入比較，圖 5 (A) 表示最大操作型函數 (maximum value) 亦即現行 PSI 指標值，而圖 5 (B) 為最大操作型函數 (maximum value) 加入背景算術平均指標值函數 (average value) 之函數值分布圖，而圖 5 (C) 為最大操作型函數 (maximum value) 加入背景算術平均指標值函數 (average value) 及背景算術平均指標熵值 (entropy value) 之函數值分布圖，亦即修訂後之 RAQI 指標值。由圖 5 (A) 與圖 5 (B) 兩圖可明顯發現指標值分布曲線差異甚大，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 0.05，表示三項函數值差異明顯，而圖 5 (A) (B) (C) 標準差分別為 27.4、56.1 及 50.5，顯示最大操作型函數 (maximum value) 分布較為集中，而納入背景算術平均指標值函數 (average value) 之函數值後分布明顯分散，最後再納入背景算術平均指標熵值 (entropy value) 之函數值後標準差變小，亦即修正偏差效應。



(A)



(B)



(C)

圖 5 1999 年竹山測站 RAQI 各項函數結合分布圖

4.2 RAQI 與 PSI 差異

如圖 6 及圖 7 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,高屏空品區情況亦然(圖 8 及圖 9);而在春、秋及冬季高污染季節期間,中部與高屏空品區其兩者指標值分布差異皆較為明顯,並且發現 RAQI 指標值較高於 PSI 指標值。經由統計變異數分析結果,以高屏空品區為例,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,標準誤差 (std error) 為 3.15,標準差 (std dev) 為 60.2;PSI 指標值平均數為 85,標準誤差為 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,標準誤差為 2.43,標準差為 46.6;PSI 指標值平均數為 84,標準誤差為 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。

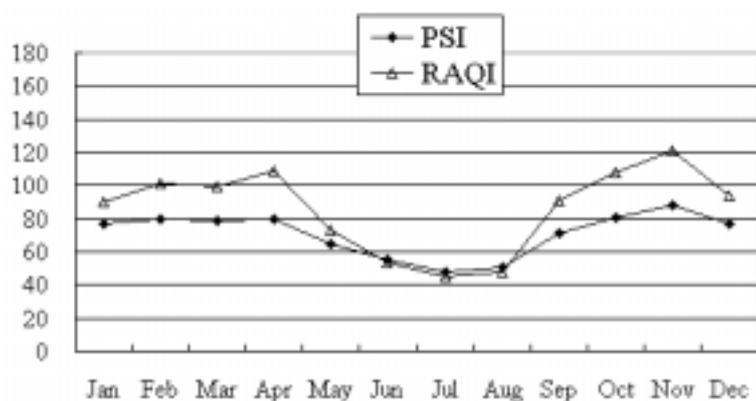


圖 6 1999 年中部空品區 PSI 與 RAQI 月均值

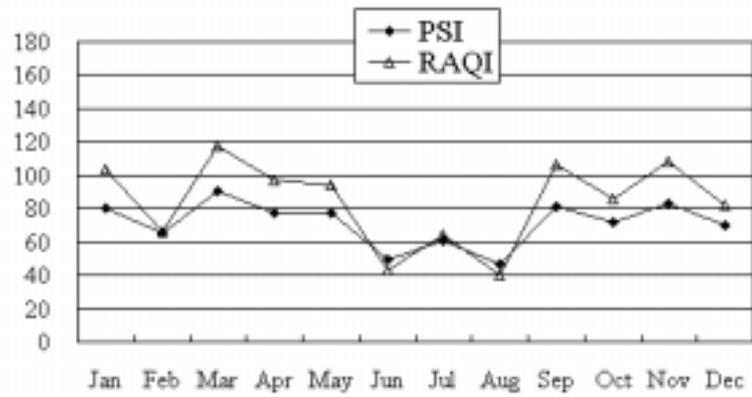


圖 7 2000 年中部空品區 PSI 與 RAQI 月均值

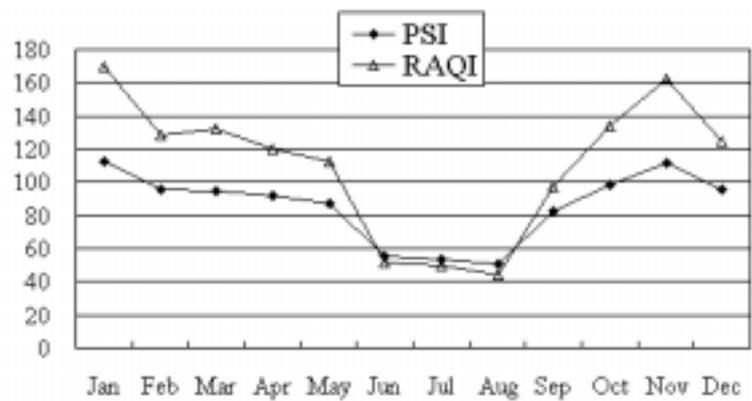


圖 8 1999 年高屏空品區 PSI 與 RAQI 月均值

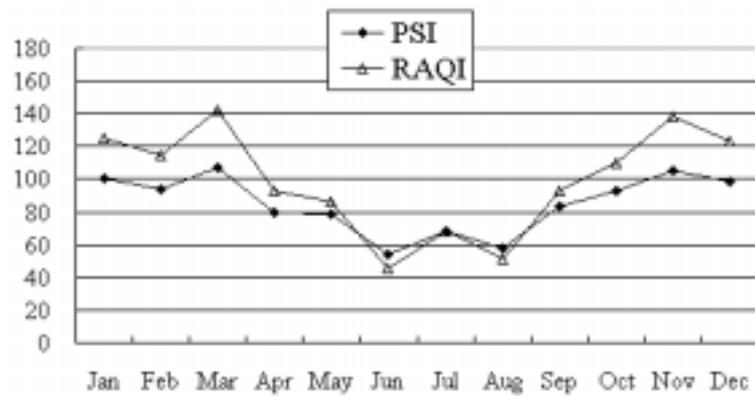
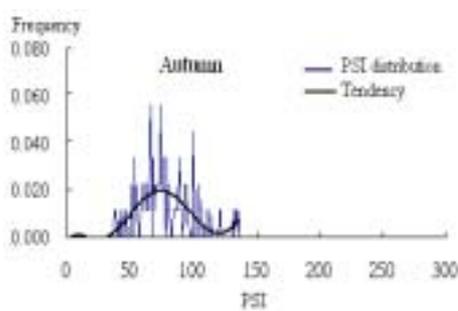


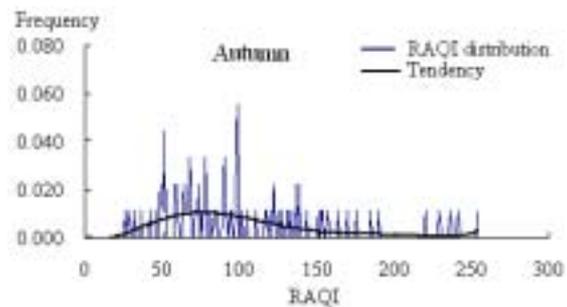
圖 9 2000 年高屏空品區 PSI 與 RAQI 月均值

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,分別比較 2000 年中部與高屏空品區,結果如圖 10 及圖 11 顯示,夏季(低污染)之 PSI 與 RAQI 之分布頻

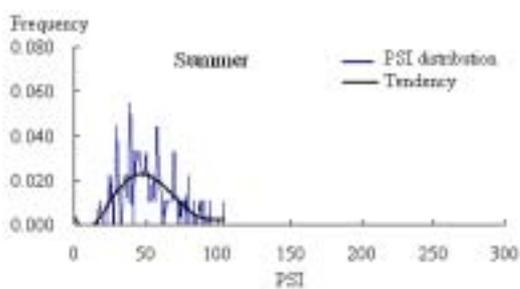
率趨勢相似度高，表示 PSI 與 RAQI 於低污染期間差異並不大，高頻率（0.04~0.08）均出現在指標值為 40~60 左右；而秋季(高污染)期間 RAQI 分布範圍較 PSI 寬廣，且高指標值甚至出現超過 200 以上，分布頻率趨勢產生明顯不同，由於 PSI 只取當日最大之副指標為該日空氣品質指標值，而 RAQI 考量五種副指標（PM₁₀、SO₂、CO、NO₂ 及 O₃），並結合其他函數考量故分布較為寬廣，且較能同時反應出其他影響人體健康之污染物，所突顯的是五種副指標影響空氣品質的程度，並且站在污染物最低效應的基礎，進一步的考慮其他污染的存在，所以使得 PSI 與 RAQI 其指標值於高污染期間發生分歧分布狀況。



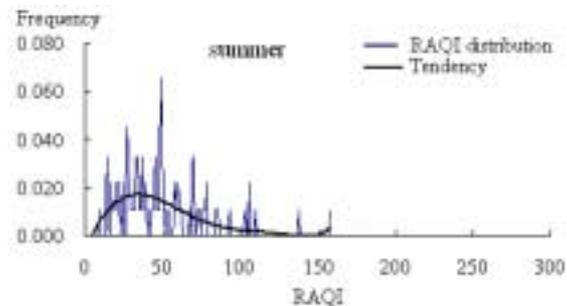
(A) 2000 秋 PSI



(B) 2000 秋 RAQI

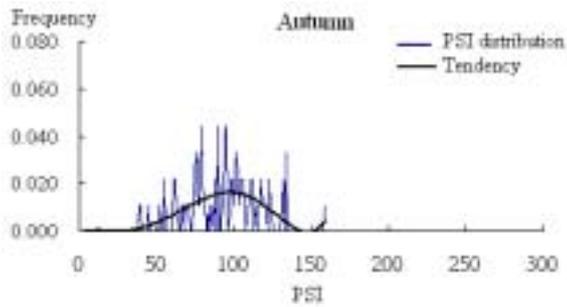


(C) 2000 夏 PSI

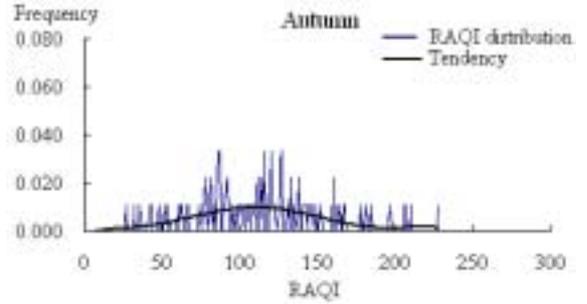


(D) 2000 夏 RAQI

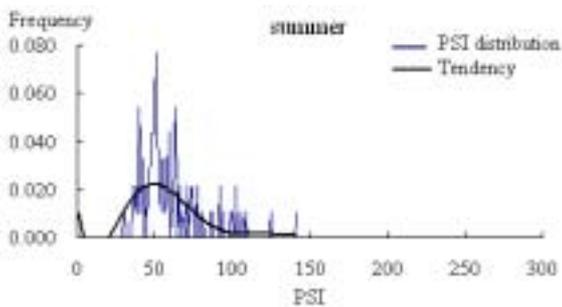
圖 10 2000 年中空區 PSI 與 RAQI 分布頻率圖



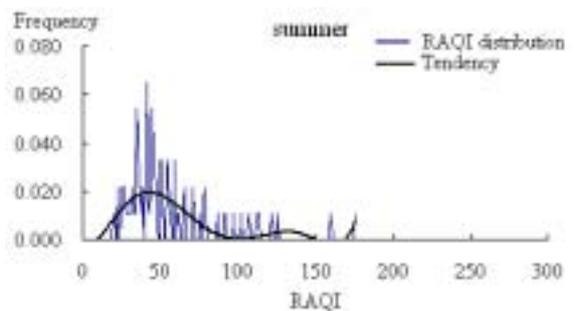
(E)2000 秋 PSI



(F)2000 秋 RAQI



(G) 2000 夏 PSI



(H)2000 夏 RAQI

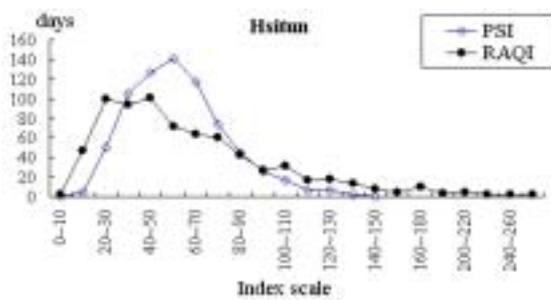
圖 11 2000 年高屏空品區 PSI 與 RAQI 分布頻率圖

4.3 RAQI 運用於都會測站比較

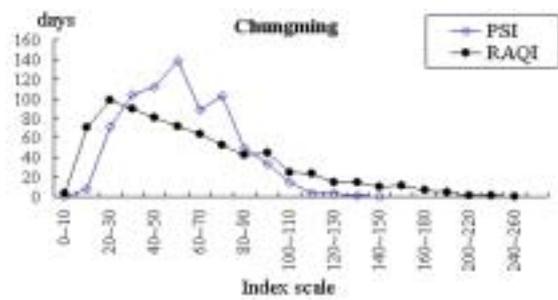
由於中部空品區及高屏空品區共二十六個空氣品質監測站，而位於都會區之測站人口密集並且交通繁忙，其空氣品質對於一般民眾日常生活較為切身，故本研究選定於中部空品區之忠明站與西屯站及高屏空品區之楠梓站、左營站、前金站、前鎮站、小港站與復興站共八個位於台中市及高雄市的都會型測站作為 RAQI 運用探討（圖 12），而高雄市三民站由於資料欠缺不全，故不納入探討。

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

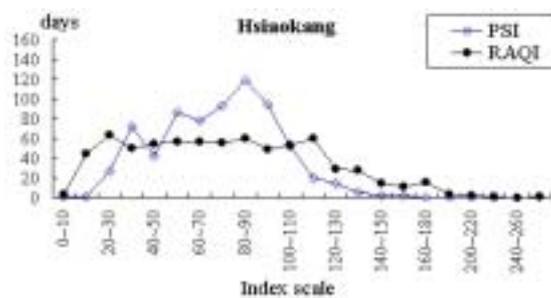
於利用均值函數與熵值函數的 RAQI 考慮了不只 PM₁₀ 與 O₃ 兩個主要嚴重污染物，而加入其它污染物的資訊使得以與取最大指標值之 PSI 加以區隔分布，也就是說 RAQI 指標值分布較為擴散，並且涵蓋範圍亦較為加大，如此 RAQI 能擴及範圍至 200 以上，指標值也不似 PSI 集中於特定區段之間，以較擴散與寬廣之指標值範圍反應出各種空氣品質情形，尤其於一些高污染事件日空氣品質不良之情形，RAQI 亦能反應出來。另外由於前鎮站屬於工業監測站，其監測項目為 PM₁₀ 與 SO₂，其主要污染源以 PM₁₀ 為主，故副指標 PM₁₀ 與 RAQI 相關性(相關係數 0.937) 高於其他都會區測站；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 (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。



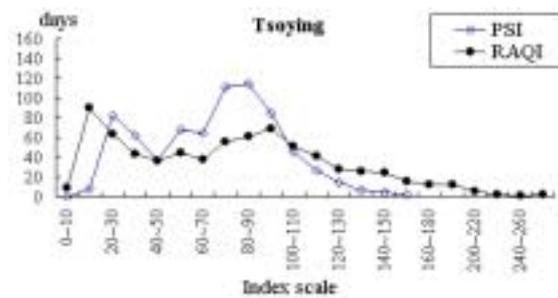
(A)西屯



(B)忠明



(C)小港



(D)左營

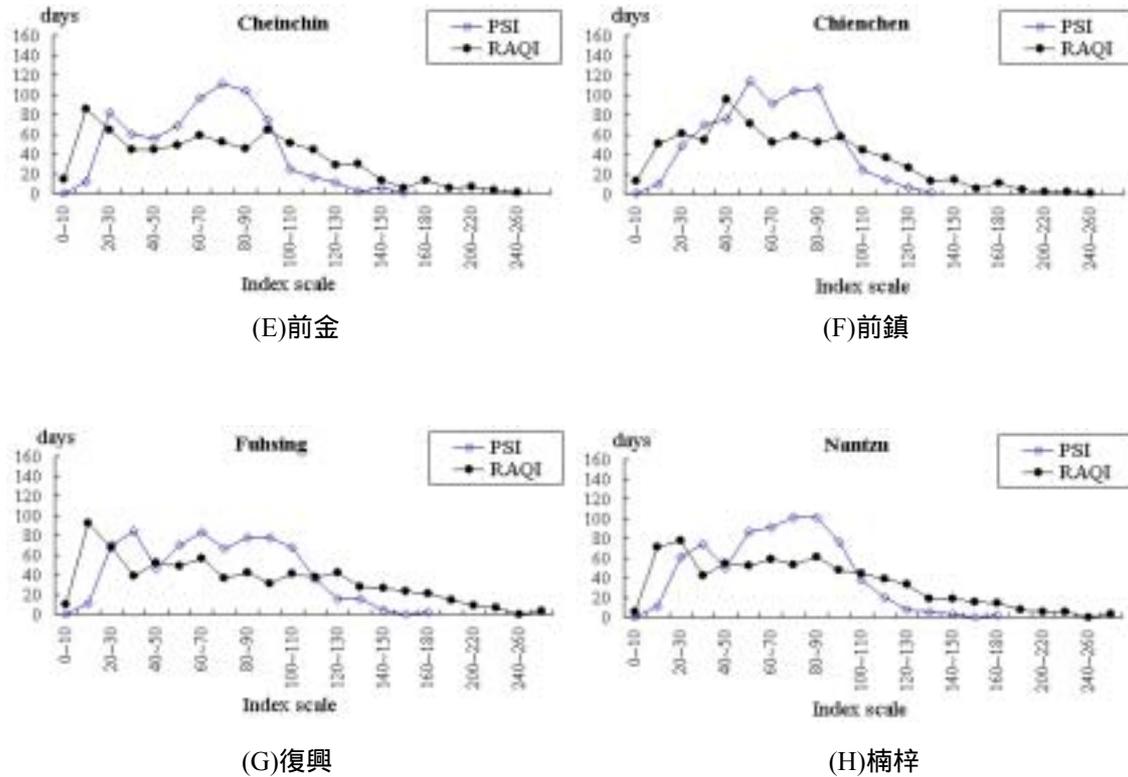


圖 12 1999-2000 各測站 PSI 與 RAQI 日數分布圖

4.4 空品區空氣品質分析

本文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：

1. 中部空品區：圖 13 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（圖 14）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。而若探討各副指標污染物等級分布情形（圖 17），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，由此可見影響中部空品區空氣品質主要污染物以 PM₁₀ 與 O₃ 為主。

2. 高屏空品區：圖 15 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（圖 16）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（圖 18），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%，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，由此可見影響高屏空品區空氣品質主要污染物亦以 PM₁₀ 與 O₃ 為主。

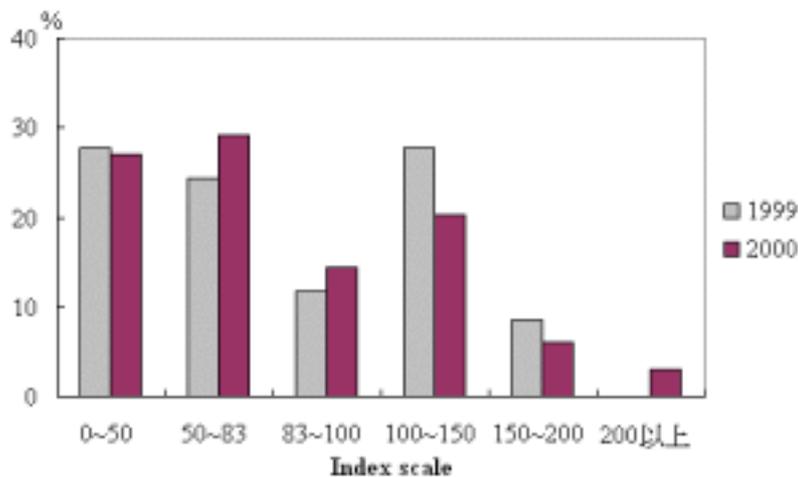


圖 13 中部空品區 RAQI 等級分布情形

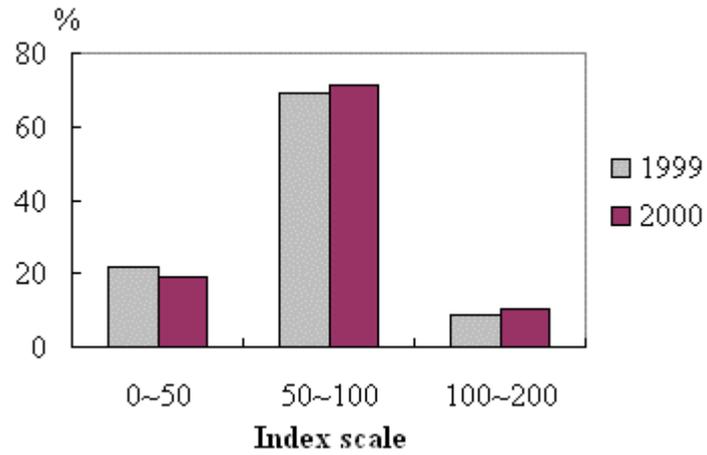


圖 14 中部空品區 PSI 等級分布情形

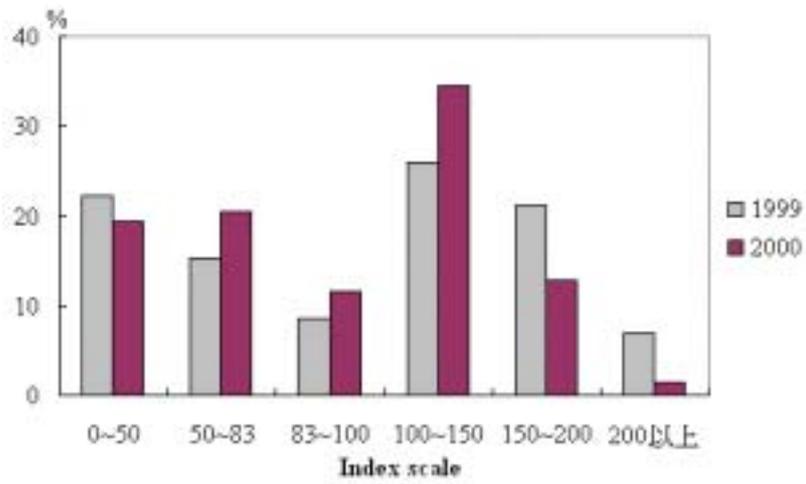


圖 15 高屏空品區 RAQI 等級分布情形

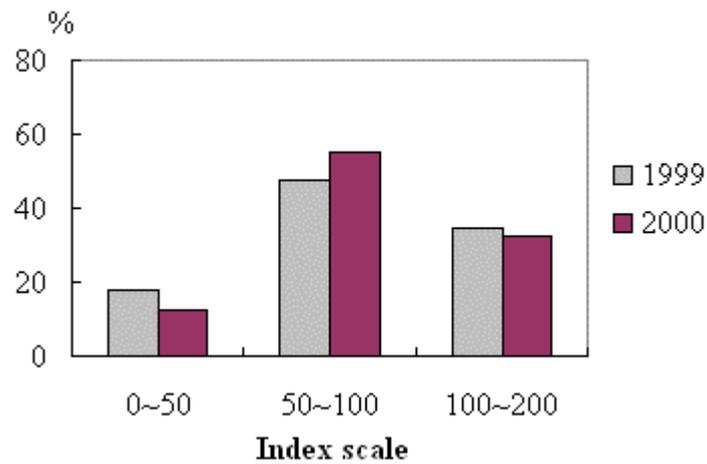


圖 16 高屏空品區 PSI 等級分布情形

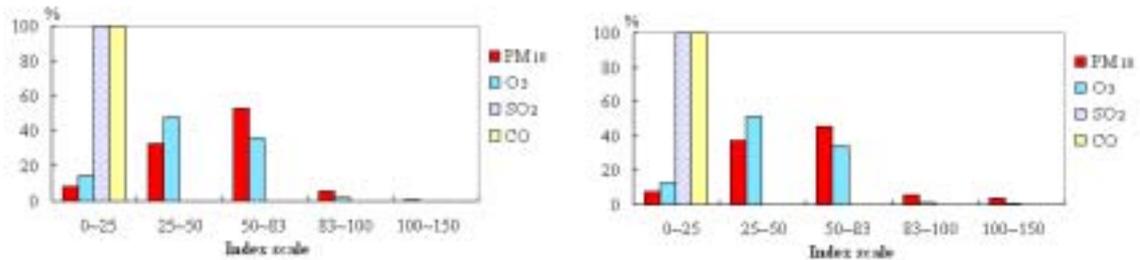


圖 17 1999 及 2000 中部空品區各副指標等級分布情形

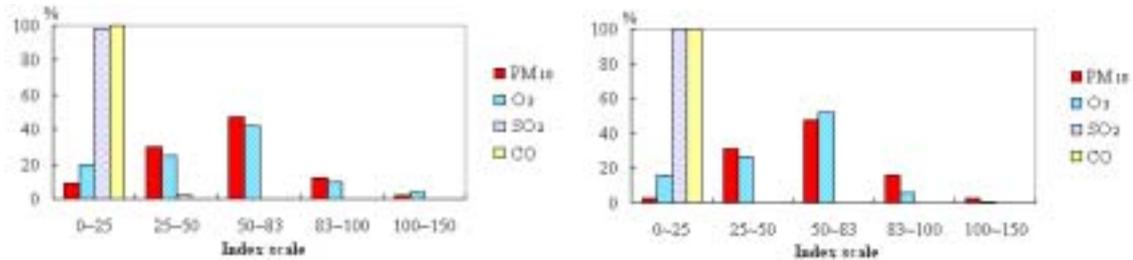


圖 18 1999 及 2000 高屏空品區各副指標等級分布情形

五、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，美國於 PSI 之基礎上改進為 AQI，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，進一步探討多元空氣品質指標。
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，並非以現況預警為重點考量，以較長期間之監測資料應可得客觀性結果。
3. 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。

4. 結合五種副指標污染物(PM₁₀、O₃、SO₂、CO及NO₂)之資訊及完善空氣品質等級分級，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。

致謝

本研究承蒙國科會與環保署科技合作研究計劃 (NSC 91-EPA-Z-029-001) 之支持與經費贊助，同時感謝本整合計劃各研究團隊的支援與合作，中央大學林沛練教授、雲林科技大學張良輝教授及輔英技術學院林清和教授不吝指導，並給予寶貴之意見，衷心感激。

丘依樞教授潛心環境科學與工程，生前再三倡導以熱力學之熵函數觀念應用於環境數理方面，本文即朝此方向研究，亦不勝緬懷先進感念故人之情誼。引用環保署空氣品質監測數據及中央氣象局之氣象資料，特此申謝！

參考文獻

- [1] Chan, L.Y., Chan, C.Y., and Qin, Y. (1998) Surface ozone pattern in Hong Kong. *Journal of Applied Meteorology* **37**, 1153-1165.
- [2] Cheng, W-L., Kuo, Y. C., Lin, P. L., Cheng, K. H., Chen, Y. S., Lin, T. M., Huang, R. (2003) Revised air quality index derived from an entropy function. *Meteorology and Atmospheric Physics* (in press).
- [3] Cheng, W-L., Pai, J.L., Tsuang, B.J., and Chen, C.L. (2001) Synoptic patterns in relation to ozone concentration in West-Central Taiwan. *Meteorology and Atmospheric Physics* **78**, 11-21.
- [4] Cheng, W-L. (2001) Synoptic weather patterns and their relationship to high ozone concentration in the Taichung Basin. *Atmospheric Environment* **35**, 4971-4994.
- [5] Cheng, W-L. (2000) A vertical profile of ozone concentration in the atmospheric boundary layer over central Taiwan. *Meteorology and Atmospheric Physics* **75**, 251-258.
- [6] Harrison, R.M., Deacon, A.R., and 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.
- [7] Malakos, M., and Wong, K. (1999) Proposed pollutant index to incorporate synergistic effects. *International Journal of Environment and Pollution* **12**(1), 73-80.
- [8] Ott, W.R., Thom, and W.R. (1976) A critical review of air pollution index systems in the United States and Canada. *Journal of the Air Pollution Control Association* **26**, 460-470.
- [9] Pont, V., and Fontan J., (2000) Local and regional contributions to photochemical atmospheric pollution in southern France. *Atmospheric Environment* **34**, 5209-5223.
- [10] Quinlan, and J.Ross (1986) Induction of decision trees. *Machine Learning* **1**, 81-106.
- [11] Radojevic, M., and Hassan, H. (1999) Air quality in Brunei Darussalam during the 1998 haze episode. *Atmospheric Environment*, **33**, 3651-3658.
- [12] Shannon, C.E. (1948) A mathematical theory of communication. *Bell System Tech. J.* **27**, 379-423.
- [13] Swamee, P. K., and Tyagi, A. (1999) Formation of an air pollution index. *Journal*

- of the Air & Waste Management Association*, **49**, 88-91.
- [14] 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.
 - [15] United Nations (1984) A framework for the development of environment statistics. *Series M 78*, UN, New York.
 - [16] 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。
 - [17] 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。
 - [18] 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。
 - [19] 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。
 - [20] 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。
 - [21] 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。
 - [22] 行政院環保署網頁 (2003) : <http://www.epa.gov.tw>
 - [23] 美國環保署網頁 (2003) : <http://www.epa.gov>

A Revised Air Quality Index Based on a Multi-Pollutant with an Entropy Function

Tso-Mei Lin* Yu-Song Chen*

Yu-Chih Kuo* Wan-Li Cheng*

Abstract

This study is based on the entropy function amending the current air quality index in order to create a Revised Air Quality Index (RAQI). By combining the RAQI and aggregation function, the current Pollutant Standards Index (PSI) is calculated by amending the index value and adding the index level. The greatest value of the sub index is the PSI value on the day. When the PSI value reaches 100, the region may be regarded as polluted. Therefore, this transformation could be misleading, and the confusion is further increased as the standard pollution concentration level varies among different countries.

As a result, it shows that the distribution of index value of RAQI and current PSI are diverse, especially in the high pollution episode of the Kaoping Air Quality Region and Taichung Air Quality Region in the years 1999 and 2000. Also, the daily distribution of index value of RAQI and PSI are different. The RAQI value is more diffused and contains a larger area which conduces to show the air quality in a high pollution episode. From our research, air quality in the Kaoping Air Quality Region and the Taichung Air Quality Region are mainly affected by PM10 and O₃, and air quality in the former region is more serious than in the latter. Information from five sub index pollutants (PM10, O₃, SO₂, CO, NO₂) and RAQI can present a local scale environment and offer the effective assessment.

Keywords: Pollutants Standard Index (PSI), entropy function, Revised Air Quality Index (RAQI)

* Department of Environmental Science, Tunghai University, Taichung 407, TAIWAN