

# 一九六〇年代以來臺灣地區之 氣溫變化與經濟發展的關係

## The Correlation between Temperature Changes and Economic Development in Taiwan since 1960

賴栗葦\*

Li-Va Lay

姜善鑫\*\*

Shan-Hsin Chiang

### Abstract

In the past 100 years, the rates of temperature changes have been obvious in the world. The objective of this study was to analyze the natural and artificial factors that could potentially influence annual mean temperature, annual mean maximum temperature ( $T_{\max}$ ), annual mean minimum temperature ( $T_{\min}$ ) as well as annual mean diurnal temperature range in Taiwan and to know the importance and the contribution of these factors. The product-moment correlation, the multi-regression model and the time series regression model were used to analyze the temperature data and potential factors affecting temperature changes for the period from 1961 to 2000. The results indicated that the artificial factors influencing the temperature changes were more important than the natural ones. Furthermore, the temperature changes in big cities were significantly correlated to the amount of industries. Finally, the rate of increase or decrease for  $T_{\max}$  and  $T_{\min}$  differed among big cities with similar climate conditions and the correlations between temperature changes and the amount of different

---

\* 中央研究院地球科學研究所博士後研究員

Post Doctor, Institute of Earth Science, Academia Sinica.

\*\* 國立臺灣大學地理環境資源學系教授

Professor, Department of Geography, National Taiwan University.

industries also differed. Above all, the economic development may affect the temperature changes in urban areas.

**Keywords: temperature changes, economic development, Taiwan.**

## 摘 要

百年來全球大部分地區氣溫變遷的趨勢相當明顯。本文的旨在分析臺灣地區影響年平均溫度、年平均最高溫度、年平均最低溫度及年平均日溫差的自然與人為因素，並找出各因子的重要性及影響力。本研究採積差相關法、複迴歸模型及時間序列迴歸模型分析 1961 年至 2000 年的氣溫與潛在影響氣溫因子的資料。分析結果顯示，影響臺灣地區氣溫變化的因素偏重於人為因素，各大都市氣溫變化和產業場所數相關明顯，屬氣候類型相似之大都市的年平均最高溫度及年平均最低溫度的趨勢不同，而且各大都市的氣溫變化和產業類別關係互異；這些結果均顯現出經濟發展可能會影響氣溫的變化。

**關鍵字：氣溫變遷、經濟發展、臺灣**

## 前 言

近年來世界各地接連發生氣候異常的事件，目前探討氣候變遷的起因集中於全球暖化和聖嬰 / 南方振盪 (*El Niño* / Southern Oscillation, ENSO) 等議題，臺灣的氣候變化並無法獨立於外。例如近五十年來臺灣地區的降雨顯現出可能受到 ENSO 的影響 (賴栗葦, 2001)，又近四十年來的降雨和氣溫呈明顯的變化 (賴栗葦與姜善鑫, 2003; 2004a; 2004b)。政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) (2001) 指出，二十世紀全球增溫約  $0.6 \pm 0.2$ ，近 50 年來溫室氣體濃度的增加，加劇全球增暖的現象，其評估報告中也指出，未來若不對氣候暖化採取應變措施，後果將導致全球異常氣候的頻率增加。

全球因發生異常氣候災害導致嚴重傷亡的事件有增加的現象，氣候變遷的問題逐漸引起全球的重視。異常氣候對人類生活影響相當大，其影響具有正面與負面的衝擊。以異常氣溫的正面影響為例，英國 1995 異常暖年，能量消耗減少，冬季死亡率減少，該年啤酒業及蔬果市場出現豐厚的盈餘 (Subak *et al.*, 2000)。以異常氣溫事件的負面影響為例，英國 1995 異常暖年，夏季因熱浪死亡及食物中毒的人口增加 (Subak *et al.*, 2000)，該年英國製衣業與製鞋業損失 3 億 8,300 萬英鎊 (Agnew and Palutikof, 1999)；法國在 2003 年 8 月上旬氣溫超過 40，全國有 11,435 人因而熱死；2003 年 7 月臺灣大都市地區分別打破歷年來最高氣溫的紀錄，同時 7 月的用電量也創新高，引發缺電危機。

人類的活動逐漸與環境產生衝突，經濟發展與環境保護常陷入永續發展的兩難。都市地區的就業機會及生活品質均較偏僻地區為佳，因此大量的人口湧向都市地區，形成大都市人口密度特別高的趨勢。1800 年全球約有 1/40 的人口居住於都市地區，1980 年全球約有 1/4 的人口居住於都市地區，至 2000 年則推估全球已有 1/2 的人口居住於都市地區 (Haggett, 2001)。都市地區產生的廢熱及空氣污

染，很可能影響能量平衡，改變局地氣溫的常態變化，影響當地氣候。全球都市化日趨嚴重，然而有關近百年國內外氣溫變遷的研究，大多著重於全球暖化背景下的現象，較少探討都市變遷背景下的現象，雖然兩者的氣溫變遷起因都可能是人為因素，但兩者探討的焦點畢竟不同。全球暖化背景下的氣溫變化所探討的時間與空間尺度範圍較大，都市環境背景下的氣溫變遷探討的時間與空間尺度較小，都市活動產生影響氣溫的物質屬於局部的，擴散的範圍有限，這些物質存在的時間尺度明顯地較長達數萬年的自然週期短。

過去臺灣地區的經濟成長備受國際矚目，國內尚未有文獻探討臺灣地區氣溫變遷和經濟發展之間的關係。本文內容主要包括：(一) 分析全臺灣地區影響年平均溫度、年平均最高溫度、年平均最低溫度及年平均日溫差 (Diurnal Temperature Range, 簡稱 DTR = 日最高溫 - 日最低溫) 之因素，並建立全臺灣地區各氣溫變數的複迴歸模型，找出各因子的重要性及影響力；(二) 分析大都市產業的發展和年平均溫度、年平均最高溫度、年平均最低溫度及年平均 DTR 的關係，以期從產業發展的歷程，檢視臺灣氣溫變遷的可能影響因素。

## 資料來源與分析方法

### (一) 資料來源

將臺灣地區選取之彭佳嶼、臺北、臺中、澎湖、臺南、恆春、花蓮、臺東八個測站，自 1973 至 2000 年的年平均溫度 ( $T_m$ )、年平均最高溫度 ( $T_{max}$ )、年平均最低溫度 ( $T_{min}$ ) 及年平均 DTR，以算數平均法求出各項氣溫變數，代表全臺灣地區的年平均氣溫變數值 (交通部中央氣象局, 2001)。此外，再選取這些測站逐年的年平均相對溼度、年平均風速、年日照時數、年平均日照率、年平均雲量、年蒸發量、年降雨量等共七項自然變數。選取原因分別為：日照及蒸發量會影響地表能量的收支平衡，降雨量、相對濕度與蒸發量彼此間的關係密切，風又會影響蒸發量的大小，雲量會影響日照，這些因素均可能直接或間接地影響氣溫的變化。本文雖選取「日照時數」，且同時又選取「日照率變數」(日照率為實測日照時數與天文日照時數的比值)，目的是要消除季節及緯度對日照的影響。人為變數包括 1973 至 2000 年交通部統計之臺灣地區逐年汽機車數 (交通部統計處, 2001)，經濟部統計之火力發電、總燃料消耗量及耗電量 (經濟部統計處, 2001)，內政部中華民國臺閩地區人口統計資料 (內政部, 2001)，經建會統計之國民所得 (行政院主計處, 2001a) 及營建工程面積 (行政院經濟建設委員會都市及住宅發展處, 2001) 等共七項。選取原因分別為：就潛在影響氣溫的的固定式排放源而言，總燃料消耗量可代表各行業和住家使用的油品量，因為使用油品時會排放出可能會影響氣溫的物質及廢熱；火力發電量和燃煤量呈正比，可代表燃煤量，燃煤能產生大量的二氧化碳、硫氧化物及粒狀物，這些物質可能會影響氣溫；耗電量代表廢熱量，輸電和耗電過程中的絕大部分電能會轉換成廢熱釋放到大氣中，所以耗電量越多，釋放的廢熱越多；營建工程面積可代表營建工程的規模，營建工程排放出的粒狀物可能會影響太陽輻射，間接影響氣溫。就潛在影響氣溫的移動式排放源而言，汽機車會排放出溫室效應氣體及粒狀物，可能會影響氣溫。其他變數如人口密度，可代表人為活動的規模，人為活動的規模越大，影響氣溫變化的可能性就越高。

本研究為分析人為因子對氣溫的影響，研究區的選取依臺灣的地理環境分成北部、中部、南部及東部四區。研究區的測站分別為：北部為臺北市；中部為臺中市；南部為臺南與高雄市；東部為花蓮市 (表 1)。

表 1 各研究區測站表

氣候區	測站	都市人口密度 (人 / Km <sup>2</sup> ) (至 2000 年年底)
北部	臺北	9,737
中部	臺中	5,910
南部	臺南	4,183
	高雄	9,704
東部	花蓮	3,676

## (二) 分析方法

積差相關法的優點為簡單易懂，可以很容易地初步瞭解個別因素和氣溫的關係，但自然界影響氣溫的因素是同時存在的，此法並無法看出眾多因素同時存在時的影響力，因此，本研究仍進一步藉由複迴歸模型找出各因素和氣溫變化的關係及影響力的大小。在氣溫長期趨勢的分析則以時間序列迴歸模型進行，此法較其他方法如半平均數法及移動平均法精確及客觀。

### 1. 積差相關法

本研究使用八個測站 (自 1973 至 2000 年) 的年平均溫度、年平均最高溫度、年平均最低溫度和年平均 DTR，以算數平均法求得全臺灣地區的氣溫參數值，利用積差相關法 (公式 1) 來計算各個氣溫參數和其他七項自然與人為變數的相關性。本文後續內容仍以積差相關法分析各大都市的年平均溫度、年平均最高溫度、年平均最低溫度和年平均 DTR 和產業發展的關係。

$$r_{xy} = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{\sqrt{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}} \sqrt{\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N}}} \dots\dots\dots(\text{公式 1})$$

式中：X、Y 分別為兩不同之變數；

N 為分析資料的時間長度。

### 2. 複迴歸模型

本研究以 1973 至 2000 年逐年年平均溫度、年平均最高溫度、年平均最低溫度及年平均 DTR 為複迴歸模型的校標變項 (criterion)，其他七項自然與人為因素為預測變項 (predictors)。

假設今從所有  $p$  個獨立變數中選取最適當的  $k-1$  個獨立變數，則此複迴歸模型可表示如下：

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i,1} + \beta_2 x_{i,1} + \dots + \beta_{k-1} x_{i,k-1} + \varepsilon \dots\dots\dots(\text{公式 2})$$

式中： $x_{i,k-1}$  表示第  $i$  個觀察值，第  $k-1$  個預測變項；

$y_i$  表示第  $i$  個校標變數；

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{k-1}$  為迴歸係數；

$\varepsilon_i$  為第  $i$  個觀察值之誤差項，需符合獨立且  $N(0, \sigma^2)$  的條件；

$i$  代表第  $i$  個觀察值。

本研究以 C 統計值 (C Statistic) (公式 3) 來選取最佳複迴歸模型，當 C 值最小時，該模式為最佳模組，此時各預測變項對校標變項具有最佳的解釋能力。

$$C = \frac{SSE}{s_p^2} - (n - 2k) \dots\dots\dots(公式 3)$$

式中： $SSE$  為擇取  $k-1$  個獨立變數模型的不可解釋變異 (sum square of error) ；

$s_p^2$  為含所有獨立變數模型之平均誤差平方 (mean square error) ；

$n$  為觀測值之數目；

$k$  為擇取適當模型之預測變數的數目。

本研究由  $VIF_j$  (variance inflation factor) (公式 4) 來判斷預測變數間共線性的程度。預測變項的共線性越大，則  $VIF_j$  越大，此時須將此預測變項移除， $VIF_j$  通常以 10 為判定的標準。

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2} \dots\dots\dots(公式 4)$$

$j = 1, 2, 3, \dots, k$

式中： $R_j^2$  代表獨立變數  $x_j$  和剩餘獨立變數  $x_1, \dots, x_{j-1}, x_{j+1}, \dots, x_p$  之間的共線程度 (Bowerman and O'Connell, 1993)。最後必須針對各預測變項作 T 檢定 (公式 5)，檢定結果可瞭解各預測變項對校標變項影響的顯著性為何，T 越大，代表該校標變項對模型的重要性越高 (Herbert and Myers, 1986)。

$$T = \frac{\beta_{k-1}}{S_{\beta_{k-1}}} \dots\dots\dots(公式 5)$$

式中： $\beta_{k-1}$  表示第  $k-1$  個預測變項；

$S_{\beta_{k-1}}$  表示第  $k-1$  個預測變項的標準誤差。

將最佳模型的迴歸係數標準化後，各預測變項對校標變項的影響力即可相互比較， $\phi_{k-1}$  的絕對值越大代表該預測變項對校標變項的影響力越大 (Wesolowsky, 1976)，標準化後的模型如下：

$$Z_i = \phi_1 Z_{i1} + \phi_2 Z_{i2} + \dots + \phi_{k-1} Z_{i,k-1} \dots\dots\dots(公式 6)$$

$$\phi_{k-1} = \beta_{k-1} \frac{S_{x_{k-1}}}{S_y} \dots\dots\dots(公式 7)$$

式中： $S_{x_{k-1}}$  表示第  $k-1$  個預測變項的標準偏差；

$S_y$  表示校標變項的標準偏差；

$\beta_{k-1}$  表示第  $k-1$  個預測變項的迴歸係數。

### 3. 迴歸模型

本研究採用時間序列迴歸模型 (Bowerman and O'Connell, 1993) 分析測站的長年氣溫趨勢，模型可表示如下：

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \varepsilon_t \quad t = 1, 2, 3, \dots, n \dots \dots \dots (\text{公式 8})$$

式中： $Y_t$  為應變數，此處為逐年平均氣溫 ( )；

$\beta_1$  為此線性模型的趨勢；

$X_t$  為自變數，此處為時間 (年)；

$\varepsilon_t$  為誤差項，其滿足條件為：相互獨立之隨機變數，平均數為 0，變異數為未知的  $\sigma^2$  之常態分配，亦即  $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$ 。

## 結果與討論

### (一) 各因素之相關性

分析 1973 至 2000 年全臺灣地區影響氣溫之自然與人為因素長期時間序列的相關係數，由自然與人文變數的相關係數表顯示 (表 2)，年平均溫度、年平均最高溫度、年平均最低溫度和自然與人為因素之間的關係分別具有不同的特徵。年平均溫度和自然因素的相關不明顯，和人口數、汽機車數、國民所得、燃料消耗、火力發電及電力消耗呈顯著的正相關 ( $P < 0.05$ )；年平均最高溫度和雲量呈顯著的負相關 ( $P < 0.05$ )，和火力發電量呈顯著的正相關 ( $P < 0.05$ )，但和其餘因素的相關不明顯；年平均最低溫度和相對濕度、平均風速、日照時數、日照率及蒸發量呈顯著的負相關 ( $P < 0.05$ )，和人口數、汽機車數、國民所得、燃料消耗、火力發電、電力消耗及營建面積呈顯著的正相關 ( $P < 0.05$ )；年平均 DTR 和平均風速、日照、日照時數、日照率及蒸發量呈顯著的正相關 ( $P < 0.05$ )，和人口數、汽機車數、國民所得、燃料消耗、火力發電、電力消耗及營建面積呈顯著的正相關 ( $P < 0.05$ )。整體而言，自然因素與年平均最低溫度、年平均 DTR 的相關較為顯著 ( $P < 0.05$ )，與年平均最低溫度呈負相關，與年平均 DTR 呈正相關；人為因素與年平均溫度、年平均最低溫度、年平均 DTR 相關較為顯著 ( $P < 0.05$ )，與年平均溫度、年平均最低溫度呈顯著正相關 ( $P < 0.05$ )，與年平均 DTR 呈顯著負相關 ( $P < 0.05$ ) (參閱表 2)。分析也顯示，除雲量和日照率，降水和日照及日照率的關係外，大部分自然因素內的各項因子呈顯著的正相關 ( $P < 0.05$ )；人文因素內的各項因子也呈顯著的正相關 ( $P < 0.05$ )。至於自然因素與人為因素之間，則除營建面積與日照時數及日照率的關係外，其餘皆呈顯著的負相關 ( $P < 0.05$ )。再比較 1973-2000 年臺灣地區年平均溫度、年平均最低溫度、年平均 DTR 的趨勢，發現年平均溫度、年平均最低溫度皆呈顯著的上升趨勢 ( $P < 0.05$ )，年平均 DTR 則呈顯著的下降趨勢 ( $P < 0.05$ )，因為年平均 DTR 的下降主要是受年平均最低溫度上升的影響 (表 3)。因此可以推論自然因素在年平均溫度、年平均最低溫度上升的趨勢之中扮演著抑溫的作用，而人文因素則扮演著揚溫的作用。但各相關係數只能代表任意兩個參數之間的關係，這和自然界眾多因素同時存在的實際情形不同，因此，此時相關係數無法完全代表各項因素對氣溫影響的實際情形。

表 2 自然與人文變數相關係數表

變數	T <sub>m</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	DTR	相對 溫度	平均 風速	日照 時數	日照率	雲量	蒸發量	降水	人口	汽機 車數	所得	燃料 消耗	火力 發電	電力 消耗	營建 面積
T <sub>m</sub>	1.00	0.86**	0.92**	-0.09	-0.28	-0.33	-0.15	-0.12	-0.35	-0.35	0.24	0.45**	0.50**	0.56**	0.55**	0.61**	0.57**	0.35
T <sub>max</sub>	0.86**	1.00	0.65**	0.41**	-0.12	0.05	0.25	0.25	-0.39**	-0.10	0.09	0.06	0.15	0.26	0.23	0.40**	0.26	0.10
T <sub>min</sub>	0.92**	0.65**	1.00	-0.41**	-0.42**	-0.52**	-0.44**	-0.40**	-0.36	-0.59**	0.24	0.73**	0.77**	0.80**	0.80**	0.80**	0.81**	0.55**
DTR	-0.09	0.41**	-0.41**	1.00	0.32	0.66**	0.83**	0.79**	-0.10	0.54**	-0.22	-0.77**	-0.70**	-0.60**	-0.64**	-0.43**	-0.61**	-0.51**
相對溫度	-0.28	-0.12	-0.42**	0.32	1.00	0.62**	0.02	-0.04	0.76**	0.38**	0.58**	-0.70**	-0.63**	-0.60**	-0.64**	-0.57**	-0.62**	-0.80**
平均風速	-0.33	0.05	-0.52**	0.66**	0.62**	1.00	0.45**	0.39**	0.40**	0.63**	0.18	-0.79**	-0.75**	-0.68**	-0.71**	-0.59**	0.69**	-0.64**
日照時數	-0.15	0.25	-0.44**	0.83**	0.02	0.45**	1.00	0.98**	-0.31	0.55**	-0.43**	-0.63**	-0.61**	-0.56**	-0.58**	-0.44**	-0.56**	-0.33
日照率	-0.12	0.25	-0.40**	0.79**	-0.04	0.39**	0.98**	1.00	-0.37**	0.53**	-0.45**	-0.60**	-0.59**	-0.55**	-0.56**	-0.43**	-0.55**	-0.28
雲量	-0.35	-0.39**	-0.36	-0.10	0.76**	0.40**	-0.31	-0.37**	1.00	0.34	0.50**	-0.41**	-0.43**	-0.47**	-0.46**	-0.52**	-0.47**	-0.63**
蒸發量	-0.35	-0.10	-0.59**	0.54**	0.38**	0.63**	0.55**	0.53**	0.34**	1.00	-0.14	-0.77**	-0.84**	-0.87**	-0.84**	-0.85**	-0.85**	-0.56**
降水	0.24	0.09	0.24	-0.22	0.58**	0.18	-0.43**	-0.45**	0.50**	-0.14	1.00	-0.03	0.04	0.05	0.02	0.03	0.04	-0.28
人口	0.45**	0.06	0.73**	-0.77**	-0.70**	-0.79**	-0.63**	-0.60**	-0.41**	-0.77**	-0.03	1.00	0.98**	0.94**	0.96**	0.85**	0.95**	0.80**
汽機車數	0.50**	0.15	0.77**	-0.70**	-0.63**	-0.75**	-0.61**	-0.59**	-0.43**	-0.84**	0.04	0.98**	1.00	0.98**	0.99**	0.92**	0.99**	0.76**
國民所得	0.56**	0.26	0.80**	-0.60**	-0.60**	-0.68**	-0.56**	-0.55**	-0.47**	-0.87**	0.05	0.94**	0.98**	1.00	0.99**	0.97**	1.00**	0.74**
總燃料消耗	0.55**	0.23	0.80**	-0.64**	-0.64**	-0.71**	-0.58**	-0.56**	-0.46**	-0.84**	0.02	0.96**	0.99**	0.99**	1.00	0.96**	1.00**	0.76**
火力發電	0.61**	0.40**	0.80**	-0.43**	-0.57**	-0.59**	-0.44**	-0.43**	-0.52**	-0.85**	0.03	0.85**	0.92**	0.97**	0.96**	1.00	0.97**	0.69**
電力消耗	0.57**	0.26	0.81**	-0.61**	-0.62**	-0.69**	-0.56**	-0.55**	-0.47**	-0.85**	0.04	0.95**	0.99**	1.00**	1.00**	0.97**	1.00	0.75**
營建面積	0.35	0.10	0.55**	-0.51**	-0.80**	-0.64**	-0.33	-0.28	-0.63**	-0.56**	-0.28**	0.80**	0.76**	0.74**	0.76**	0.69**	0.75**	1.00

\*\* 表示該相關係數達 5% 顯著水準。

表 3 1973 至 2000 年全臺灣地區氣溫趨勢表

單位： / 年

地區	氣溫			
	年平均溫度	年平均 最高溫度	年平均 最低溫度	年平均 DTR
全臺灣	0.0193** (0.0066)	0.0057 (0.0086)	0.0309** (0.0050)	-0.0263** (0.0078)

\*\* 表示達 5% 顯著水準，( ) 表示標準誤差。

## (二) 各因素之影響程度

以 1973 至 2000 年全臺灣地區各氣溫變數為校標變項，各自然與人為變數為預測變項，建立初步的複迴歸模型。擇取最佳的迴歸模型後，計算各預測變項之  $\phi$  值「 $\phi =$  迴歸係數  $\times$  (預測變項之標準

偏差 ÷ 校標變項之標準偏差)」，求得一標準化的複迴歸模型，此模型並無預測用途，其目的在使不同性質單位之預測變項對校標變項的影響能互相比較，模型中的  $\phi$  即代表各預測變項每單位變化對校標變項的影響量。在只有一個預測變項的前提下，若  $\phi$  為正值，代表該預測變項對校標變數具有增加的影響，亦即預測變項每增加一個單位，校標變項即增加  $1\phi$ ；負值代表預測變項對校標變項具有減少的影響，亦即預測變項每增加一個單位，校標變項即減少  $1\phi$ 。 $\phi$  的絕對值越大，代表對校標變項的影響力越大。分析中也考量各預測變項的 T 值，T 的絕對值越大，代表該預測變項的強度越強，重要性越大。

分析發現解釋臺灣地區年平均溫度最重要的因素為電力消耗，各因素的影響次序分別為電力消耗、汽機車數、蒸發量、降水、風速、日照率，影響係數 ( $\phi$ ) 分別為 0.3558、-0.2543、0.0725、0.0605、-0.0503、0.0395，可解釋之總變異 ( $R^2$ ) 為 72.61%。解釋年平均最高溫度最重要的因素為國民所得，各因素的影響次序分別為國民所得、汽機車數、蒸發量、日照率、降水， $\phi$  分別為 3.6901、-0.7025、0.6749、0.5361、0.3489，可解釋之總變異為 69.61%。解釋年平均最低溫度最重要的因素為電力消耗，各因素的影響次序分別為電力消耗、汽機車數、蒸發量、降水、風速， $\phi$  分別為 2.7786、-1.7988、0.5405、0.3912、-0.3643，可解釋之總變異為 80.63%。解釋年平均 DTR 最重要的因素為國民所得，各因素的影響次序分別為國民所得、汽機車數、總人口數、日照時數、日照率、相對濕度， $\phi$  分別為 2.1867、-2.0469、-0.8121、0.7453、-0.4377、-0.2737，可解釋之總變異為 94.61% (參閱表 4 及圖 1 至圖 4)。由圖 1 至圖 4 分析發現，整體而言，各氣溫變數皆能反映出和自然與人為因素有關，就年平均溫度而言，最重要且影響力最大的因子為電力消耗， $\phi$  為正值，對年平均溫度具有揚溫的作用。就年平均最高溫度而言，最重要且影響力最大的因子為國民所得， $\phi$  為正值，對年平均最高溫度具有揚溫的作用。就年平均最低溫度而言，最重要且影響力最大的因子為電力消耗， $\phi$  為正值，對年平均最低溫度具有揚溫的作用。就年平均 DTR 而言，最重要且影響力最大的因子為國民所得， $\phi$  為正值，對年平均 DTR 具有增大的作用。

再進一步分析圖 1 至圖 4，就年平均溫度而言，電力消耗、日照率、蒸發量和降水量具揚溫的作用，風速與汽機車數具抑溫作用。就年平均最高溫度而言，日照率、蒸發量、降水量和國民所得具揚溫作用，汽機車數具抑溫作用。就年平均最低溫度而言，蒸發量、降水量和電力消耗具揚溫作用，風速和汽機車數具抑溫作用。就年平均 DTR 而言，日照時數及國民所得具增大年平均 DTR 的作用，相對濕度、日照率、總人口數具減小年平均 DTR 的作用。

本研究分析還發現，影響臺灣地區年平均溫度、年平均最高溫度、年平均最低溫度及年平均 DTR 氣溫變數的首要因子偏重於人文因素，人為因素和氣溫變化的關係較自然因素大且重要。本研究將進一步分析各大都市產業的發展和氣溫變化的關係。



表 4 臺灣地區氣溫複迴歸模型表

Y = T <sub>m</sub>	-0.7189** X <sub>2</sub> (0.2948) 風速	+0.0548** X <sub>4</sub> (0.0245) 日照率	+0.0013** X <sub>6</sub> (0.0004) 蒸發量	+0.0006** X <sub>7</sub> (0.0001) 降水	-1.7×10 <sup>-6**</sup> X <sub>9</sub> (6.08×10 <sup>-7</sup> ) 汽機車數	+3.00×10 <sup>-7**</sup> X <sub>13</sub> (7.13×10 <sup>-8</sup> ) 電力消耗	+202.71** (16.81)	C = -0.35
R <sup>2</sup>	0.0902	0.0652	0.0647	0.0783	0.1082	0.3213		0.7261
VIF	3.45	2.35	4.01	1.62	62.97	53.92		
T	-2.44	2.24	3.05	3.96	-2.83	4.20		
$\hat{Z}_m =$ 標準化	-0.0503 Z <sub>2</sub>	+0.0395 Z <sub>4</sub>	+0.0725 Z <sub>6</sub>	+0.0605 Z <sub>7</sub>	-0.2543 Z <sub>9</sub>	+0.3538 Z <sub>13</sub>		
Y = T <sub>max</sub>		0.0866** X <sub>4</sub> (0.0289) 日照率	+0.0014** X <sub>6</sub> (0.0005) 蒸發量	+0.0004** X <sub>7</sub> (0.0002) 降水	-2.04×10 <sup>-6**</sup> X <sub>9</sub> (5.43×10 <sup>-7</sup> ) 汽機車數	+4.96×10 <sup>-6**</sup> X <sub>10</sub> (9.76×10 <sup>-7</sup> ) 國民所得	+207.6221** (16.4875)	C = 0.03
R <sup>2</sup>		0.0558	0.1193	0.0800	0.3719	0.0691		0.6961
VIF		2.35	4.22	1.47	36.20	38.77		
T		2.99	2.75	2.41	-3.75	5.09		
$\hat{Z}_{max} =$ 標準化		0.5361 Z <sub>4</sub>	+0.6749 Z <sub>6</sub>	+0.3489 Z <sub>7</sub>	-0.7025 Z <sub>9</sub>	+3.6901 Z <sub>10</sub>		
Y = T <sub>min</sub>		-0.5204** X <sub>2</sub> (0.2498) 風速	+0.0010** X <sub>6</sub> (0.0003) 蒸發量	+0.0004** X <sub>7</sub> (0.0001) 降水	-1.24×10 <sup>-6**</sup> X <sub>9</sub> (4.80×10 <sup>-7</sup> ) 汽機車數	+2.43×10 <sup>-7**</sup> X <sub>13</sub> (5.81×10 <sup>-8</sup> ) 電力消耗	+198.8960** (9.7572)	C = -1.61
R <sup>2</sup>		0.0382	0.0509	0.0428	0.0238	0.6506		0.8063
VIF		3.43	3.99	1.24	54.53	49.64		
T		-2.08	2.84	3.28	-2.58	4.17		
$\hat{Z}_{min} =$ 標準化		-0.3643 Z <sub>2</sub>	+0.5405 Z <sub>6</sub>	+0.3912 Z <sub>7</sub>	-1.7988 Z <sub>9</sub>	+2.7786 Z <sub>13</sub>		
Y = T <sub>DTR</sub>	-0.5702** X <sub>1</sub> (0.2691) 相對濕度	+0.0021** X <sub>3</sub> (0.0007) 日照時數	-0.0554 X <sub>4</sub> (0.0335) 日照率	-1.15×10 <sup>-6**</sup> X <sub>8</sub> (0.0935) 總人口	-1.24×10 <sup>-6**</sup> X <sub>9</sub> (3.30×10 <sup>-7</sup> ) 汽機車數	+2.30×10 <sup>-6**</sup> X <sub>10</sub> (3.49×10 <sup>-7</sup> ) 國民所得	+117.2104** (33.1527)	C = 2.04
R <sup>2</sup>	0.0080	0.6899	0.0071	0.0068	0.0636	0.1704		0.9461
VIF	6.50	27.33	27.31	57.78	115.54	43.07		
T	-2.12	2.81	-1.65	-2.10	-3.76	6.58		
$\hat{Z}_{DTR} =$ 標準化	-0.2737 Z <sub>1</sub>	+0.7453 Z <sub>3</sub>	-0.4377 Z <sub>4</sub>	-0.8121 Z <sub>8</sub>	-2.0469 Z <sub>9</sub>	+2.1867 Z <sub>10</sub>		

\*\* 表示達 5% 顯著水準。

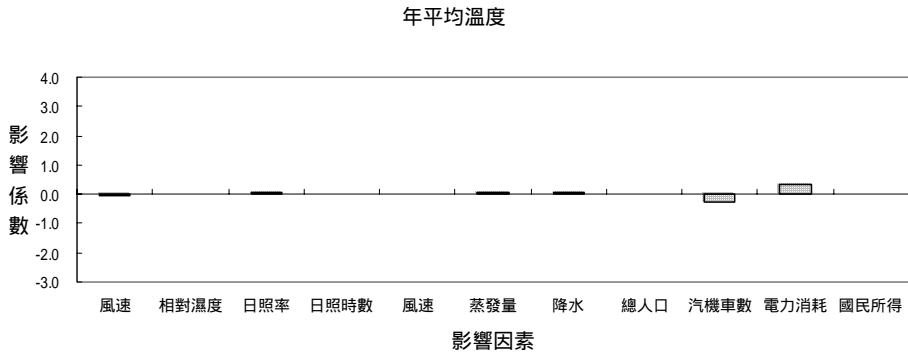


圖 1 臺灣地區影響年平均溫度因素之貢獻圖

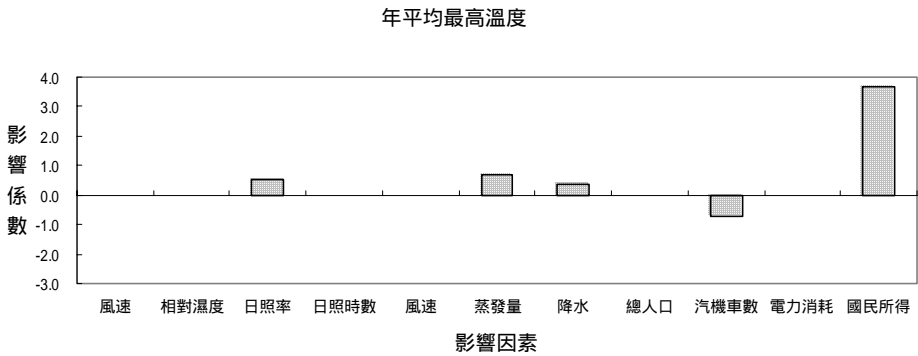


圖 2 臺灣地區影響年平均最高溫度因素之貢獻圖

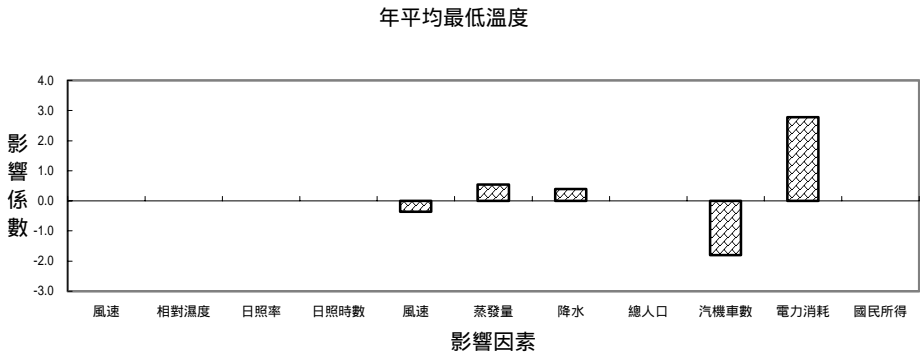


圖 3 臺灣地區影響年平均最低溫度因素之貢獻圖

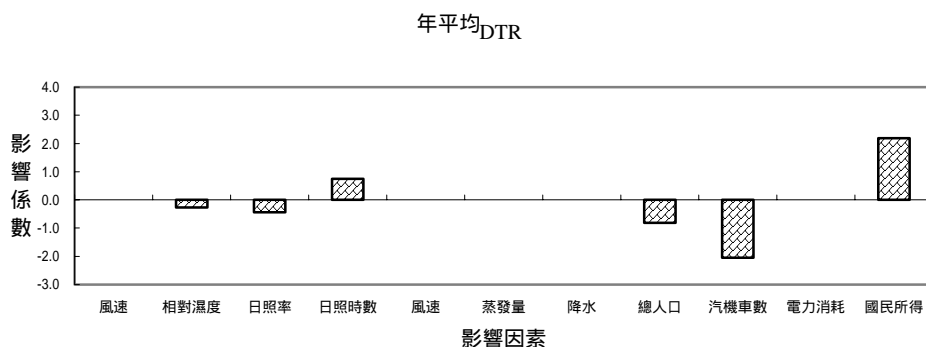


圖 4 臺灣地區影響年平均 DTR 因素之貢獻圖

### (三) 各大都市之特徵

大都市地區為產業發展的重地，吸引了大量的就業與從業人口，臺灣地區大都市的定義若以地理環境的特徵為考量因素，則北、中、南、東四個地理區的五個大都市分別為臺北、臺中、臺南、高雄及花蓮。

表 5 為五個大都市至 2000 年時的土地使用分區面積百分比資料，依百分比可以初步瞭解該都市在官方規劃下的發展特性，但不必然反應出該都市的實際發展狀況，欲瞭解現況仍需進一步分析現今產業的動態。由表 5 可知，都市計畫中較明顯的商業型都市是高雄市，其次為臺北、臺中；較明顯的工業型都市是臺南市，其次為臺中、高雄；較明顯的公共設施、文教及行政型都市是臺北市，其次是花蓮、高雄。臺南與高雄之地理位置僅相距約五十公里，且皆位於平原地形，氣候類型頗為相似，但其土地使用面積百分比並不相同，臺南之商業使用面積佔 3.09%，高雄佔 8.51%，臺南之工業區使用面積佔 9.26%，高雄佔 6.98%。整體而言，各大都市公共設施所佔面積的百分比最多，其次為住宅區，兩類合計可達 70% 以上。

表 5 各大都市 2000 年底都市計畫使用分區面積百分比

單位：%

地區 計畫分區	臺北市	臺中市	臺南市	高雄市	花蓮縣
住宅區	30.02	42.66	31.47	26.09	28.33
商業區	6.68	4.78	3.09	8.51	3.93
工業區	3.53	8.36	9.26	6.98	11.24
行政區	0.56	0.00	0.00	0.02	0.02
文教區	1.23	0.26	0.11	0.20	1.31
公共設施用地	55.83	43.77	47.80	54.44	47.95
其他	2.15	0.17	8.27	3.76	6.23

資料來源：內政部營建署 (2001)。

#### 1. 經濟發展與都市產業

臺灣的經濟發展受農業與工業的結構變化影響，1961年農業生產毛額佔25.0%，工業生產毛額佔23.7%，之前農業生產比重更大於工業生產；1962年工業生產毛額開始超越農業生產毛額，農業生產毛額佔25.0%，工業生產毛額佔28.2%，從此工業生產比重大於農業生產，且工業生產比重逐年加大，因此1962年以前，臺灣經濟型態可以說是以農業為主，1962年以後是以工業為主。1980年代中期，臺灣產業結構產生變動，服務業成長率開始大幅成長。經濟發展除了可從產業結構變化觀察外，也可從國民所得的逐年變化可知。1951至1961年平均每人國民所得約4,074元；1962至1972年平均每人國民所得迅速增加至11,037元。由此可知1962年工業生產毛額大於農業生產毛額後，臺灣的經濟迅速發展，國民所得也迅速提高。臺灣進入工業為主的經濟型態後，經濟成長快速，國民所得增加，提高民眾的購買力與市場需求，市場的需求與都市地區的工業化，帶動整體產業的發展，吸引外圍人口移入，加速都市化。

1954年以來，行政院主計處每隔五年會對臺灣地區進行工商普查，透過普查的結果可以瞭解臺灣地區的產業發展動態，本文的工商普查資料是由1961年開始統計。整體而言，各大都市總產業場所單位數的和皆呈穩定的增加，但各產業類別的單位數變化則各有消長，五個大都市中以臺北市的產業場所單位數和最多，其次為高雄、臺中、臺南、花蓮(表6)。產業場所單位數越多的都市代表就業機會越多，越容易造成大量人口的流入，都市化因而越明顯。

## 2. 產業類別及人為排放物

部分產業的工業製程常會排放出一些化學物質或顆粒(表7)。這些物質可能會直接或間接影響氣溫，如石油化學工業排放的含硫化合物及懸浮顆粒，金屬工業排放二氧化硫，礦石業排放懸浮顆粒，化工廠排放塵灰，造紙業排放懸浮顆粒及食品業排放塵灰(Faith *et al.*, 1972)。2000年臺灣的人為溫室氣體排放總量中二氧化碳佔88%、甲烷佔5%、氧化亞氮佔4%，就排放源而言，以能源部門比例最大，佔86%，來自工業製程部門佔7%，其次為農業部門，約佔4%(工業技術研究院能源與資源研究所，2000)。臺灣地區各主要產業排放潛在影響氣溫之物質百分比如表8所示，從表可知工業部門中製造業排放PM<sub>10</sub>及SO<sub>x</sub>的百分比均較其他產業多，就單項PM<sub>10</sub>的排放而言，與交通有關的排放源排放PM<sub>10</sub>的百分比比例較其他產業高。臺灣地區的民眾常使用的交通工具，如汽機車、火車及公共汽車等，燃燒化石燃料時會排放二氧化碳、含硫化合物及懸浮微粒等物質，這些物質很可能會影響地表的太陽輻射能及氣溫的變化。尤其在大都市地區具產業活動發達及人口密集的特性，潛在物質排放源的密度較高，對於大氣的影響不應被忽視。臺灣地區經濟蓬勃發展之後，產業活動大多匯聚於都市地區，大量人口往都市地區集中，都市地區氣溫長期的變遷與產業及人為活動的關係值得探究。

## (四) 各大都市之氣溫變化與產業的關係

以1961年至2001年每隔5年工商普查資料之各產業場所家數(表6)和各類氣溫參數之年均值進行積差相關分析，分析結果列於表9中。由表9可知，臺北之年平均溫度的變化和其他營利事業場所數呈正相關(P<0.1)，年平均最高溫度和製造業場所數呈負相關(P<0.1)，年平均最低溫度和製造業場所數、水電燃氣業、營造業、商業及其他營利事業場所數呈正相關(P<0.1)，年平均DTR和製造業、水電燃氣業、營造業、商業及其他營利事業場所數呈負相關(P<0.05)。臺中之年平均溫度的變化和營

表6 歷年臺北、台中、台南、高雄與花蓮產業發展分類表

單位：家

年	產業類別	礦業、	製造業	水電	營造業	商業	其他營	總家數	礦業、	製造業	水電	營造業	商業	其他營	總家數
		土石業		燃氣業			利事業		土石業		燃氣業			利事業	
臺 北								臺 中							
1961		43	6,156	5	811	12,927	4,204	24,146	2	1,981	2	131	3,028	1,083	6,227
1966		17	2,400	5	769	17,852	8,030	29,073	0	1,608	1	165	3,974	2,232	7,980
1971		34	4,135	11	992	33,223	11,393	49,788	0	2,652	2	188	5,607	2,638	11,087
1976		146	6,815	10	2,303	53,895	13,648	76,817	9	5,136	6	266	12,243	4,375	22,035
1981		127	9,361	41	2,969	65,623	19,549	97,670	5	5,593	11	343	13,720	4,380	24,052
1986		93	10,842	34	2,962	81,714	27,303	122,948	7	7,120	16	517	16,531	6,525	30,716
1991		50	9,275	36	3,440	100,010	41,324	154,135	8	7,412	16	1,127	23,052	9,204	40,819
1996		49	9,778	46	5,911	100,131	50,232	166,147	16	7,294	16	2,645	27,270	13,663	50,904
2001		20	8,815	39	6,934	100,273	54,084	170,165	11	6,590	16	2,876	30,568	14,896	54,957
臺 南								高 雄							
1961		3	2,732	2	160	3,977	1,326	8,200	13	2,599	6	344	5,783	2,035	10,780
1966		3	1,667	1	165	5,234	2,336	9,406	7	1,260	3	317	7,465	4,016	13,068
1971		3	2,848	3	224	5,835	2,360	11,273	3	2,123	5	456	11,109	5,143	18,839
1976		5	5,539	7	298	10,072	3,004	18,925	28	2,553	7	928	21,056	6,709	31,281
1981		3	6,021	10	337	11,995	3,733	22,099	18	3,081	18	1,728	28,575	7,544	40,964
1986		6	6,592	12	358	15,477	4,790	27,235	11	3,456	19	1,614	33,450	11,154	49,704
1991		2	6,607	13	565	17,154	5,924	30,265	21	4,032	21	2,777	37,320	14,149	58,320
1996		1	6,852	11	1,202	19,100	8,169	35,335	19	4,129	20	4,902	41,285	19,490	69,845
2001		1	6,104	9	1,250	22,434	9,394	39,192	12	4,510	14	5,057	42,627	21,265	73,485
花 蓮															
1961		59	930	19	105	1,983	833	3,929							
1966		102	464	18	142	3,093	1,649	5,468							
1971		109	583	17	217	3,627	1,863	6,416							
1976		116	841	15	178	5,844	1,946	8,940							
1981		70	934	26	332	6,679	2,454	10,495							
1986		88	929	33	420	6,941	2,906	11,317							
1991		126	947	37	636	7,841	3,506	13,093							
1996		131	902	37	850	7,834	3,963	13,717							
2001		134	868	28	1,094	8,761	3,694	14,579							

資料來源：行政院主計處 (2001b)。

表 7 各產業與人為活動排放潛在對氣溫影響之物質表

類別	排放源	排放物	對氣溫潛在影響
礦石業	採礦	甲烷、二氧化硫	甲烷：溫室效應。 二氧化硫：形成硫酸鹽顆粒，阻擋太陽輻射。
製造業	石油工業	硫氧化物、 二氧化碳	硫氧化物：形成硫酸鹽顆粒，阻擋太陽輻射。 二氧化碳：溫室效應。 煙、塵灰、粒狀物：大氣中阻擋太陽輻射。
	人造纖維及紙業	硫氧化物、 二氧化碳、 粒狀物	
	煉鋁工廠、農藥 工廠、塑膠工廠 酸、鹼工業、肥 料工廠	粒狀物、 二氧化碳	
	煉鋼工廠	煙、塵灰、 粒狀物、 二氧化碳	
	水泥工廠	硫氧化物	
	食品工廠	塵灰、 二氧化碳	
水電 燃氣業	火力發電廠	粒狀物、水氣、 二氧化碳	粒狀物：大氣中阻擋太陽輻射。 水氣、二氧化碳：溫室效應。
營造業	建築工地	塵灰	大氣中阻擋太陽輻射。
商業	餐廳	粒狀物、 二氧化碳	粒狀物：大氣中阻擋太陽輻射。 二氧化碳：溫室效應。
交通	汽機車	二氧化碳、粒狀物、 硫氧化物	粒狀物、硫氧化物：形成硫酸鹽顆粒，阻擋 太陽輻射。 二氧化碳：溫室效應。

造業及其他營利事業場所數呈正相關 ( $P < 0.1$ )，年平均最低溫度和製造業場所數、水電燃氣業、營造業、商業及其他營利事業場所數呈正相關 ( $P < 0.1$ )，年平均 DTR 和礦業土石業場所數、製造業、水電燃氣業、營造業、商業及其他營利事業場所數呈負相關 ( $P < 0.1$ )。臺南之年平均溫度的變化和礦業及土石業場所數成負相關 ( $P < 0.05$ )，年平均最低溫度和礦業土石業場所數呈負相關 ( $P < 0.05$ )，和製造業、商業及其他營利事業場所數呈正相關 ( $P < 0.05$ )，年平均 DTR 和製造業、水電燃氣業及商業呈負相關 ( $P < 0.1$ )。高雄之年平均溫度的變化和水電燃氣業及營造業呈正相關 ( $P < 0.1$ )，年平均最高溫度和製造業、水電燃氣業、營造業及商業場及其他營利業場所數呈正相關 ( $P < 0.1$ )，年平均 DTR 和礦業土石業場所數呈正相關 ( $P < 0.05$ )。可知，花蓮之年平均溫度的變化和營造業場所數呈正相關 ( $P < 0.1$ )，年平均最低溫度和水電燃氣業、營造業、商業及其他營利事業場所數呈正相關 ( $P < 0.05$ )，年平均 DTR 則和商

業場所數呈負相關 ( $P<0.1$ )。整體而言，臺北、臺中、臺南及花蓮的年平均最低溫度和營造業、商業及其他營利事業的場所數皆呈顯著的正相關 ( $P<0.05$ )，高雄呈現較特殊的情況，其年平均最高溫度和製造業、水電燃氣業、營造業、商業及其他營利事業的場所數呈正相關 ( $P<0.1$ )。然而，與高雄氣候類型相似的臺南及其他不同氣候區的都市，都無此明顯特徵。

表 8 臺灣地區各產業排放潛在影響氣溫物質百分比 (%)

產業類別	污染源	PM <sub>10</sub>	合計	SO <sub>x</sub>	合計	CO <sub>2</sub>	合計
礦石業	礦場操作	4.35	4.35	0	0	-	-
製造業	石油煉製	0.31	21.13	4.25	54.79	-	29.78
	煉油 / 石化	1.01		0.89		-	
	鋼鐵基本工業	0.38		7.62		-	
	工業	1.64		26.68		25.98	
	工業製程	17.79		15.35		3.8	
水電燃氣業	電力業	1.61	1.61	36.26	36.26	50.75	50.75
營造業	土木工程	14.14	14.14	0	0	-	-
商業	餐飲業油煙排放	6.51	6.58	0	4.52	-	-
	商業	0.07		4.52		-	
運輸	車輛行駛揚塵	24.24	35.09	0	3.75	-	13.94
	移動污染源	10.85		3.75		13.94	
其他	-	-	-	-	-	-	5.47

註：1. - 表示無詳細資料。

2. 資料內容整理自行政院環保署 (2000)、工業技術研究院能源與資源研究所 (2000)。

表 9 臺北、臺中、臺南、高雄與花蓮 1961 至 2001 年間距 5 年之產業與氣溫變化相關係數表

氣溫類別 產業類別	年平均 溫度	年平均最高 溫度	年平均最低 溫度	年平均 DTR	年平均 溫度	年平均最高 溫度	年平均最低 溫度	年平均 DTR
臺 北				臺 中				
礦業土石業	-0.47	-0.57	-0.23	-0.22	0.29	-0.27	0.56	-0.64*
製造業	0.27	-0.59*	0.62*	-0.92**	0.25	-0.53	0.64*	-0.80**
水電燃氣業	0.41	-0.48	0.71**	-0.92**	0.42	-0.45	0.76**	-0.88**
營造業	0.47	-0.18	0.69**	-0.69**	0.66*	0.04	0.78**	-0.75**
商業	0.49	-0.36	0.80**	-0.91**	0.56	-0.21	0.83**	-0.87**
其他營利事業	0.60*	-0.14	0.81**	-0.76**	0.62*	-0.11	0.83**	-0.84**
臺 南				高 雄				
礦業土石業	-0.76**	-0.41	-0.73**	0.22	0.22	0.53	-0.19	0.75**
製造業	0.08	-0.40	0.48	-0.66*	0.58	0.71**	0.41	0.43
水電燃氣業	0.10	-0.43	0.52	-0.71**	0.62**	0.68**	0.42	0.38
營造業	0.58	0.12	0.76**	-0.47	0.60*	0.70**	0.50	0.35
商業	0.45	-0.11	0.75**	-0.63*	0.58	0.72**	0.40	0.45
其他營利事業	0.57	0.05	0.80**	-0.55	0.56	0.63*	0.48	0.28
花 蓮								
礦業土石業	0.43	0.20	0.58	-0.20				
製造業	0.08	-0.22	0.42	-0.52				
水電燃氣業	0.41	0.04	0.80**	-0.52				
營造業	0.63*	0.35	0.86**	-0.24				
商業	0.40	-0.04	0.80**	-0.60*				
其他營利事業	0.48	0.10	0.85**	-0.49				

\* 表示達 10% 顯著水準，\*\* 表示達 5% 顯著水準。

為釐清產業發展對氣溫的影響性，剔除其他氣候因素的可能影響，本文特別擇取氣候類型近似的兩個大都市臺南與高雄進行分析比較。就氣溫的趨勢而言，高雄年平均最高溫度的上升幅度為 0.0420 /年 (P<0.05)，臺南卻呈稍微下降的幅度-0.0101 /年；臺南年平均最低溫度的上升幅度為 0.0349 /年 (P<0.05)，大於高雄的 0.0266 /年 (P<0.05) (表 10)，兩大都市氣溫趨勢的特徵並不完全相同。此外，就歷年產業發展家數和氣溫變化的關係而言，高雄之年平均最高溫度和製造業、水電燃氣業、營造業、商業及其他營利事業的場所數呈明顯的正相關 (P<0.1)，臺南則相關不明顯；臺南之年平均最低溫度和礦業土石業呈明顯的負相關 (P<0.05)，和製造業、商業及其他營利事業呈明顯的正相關 (P<0.05)，但高雄卻相關不明顯 (表 9)，兩大都市的產業發展和氣溫變化的關係互異。工業部門中，屬高潛在影響



氣溫的製造業排放  $PM_{10}$  及  $SO_x$  的百分比比較其他產業多，比較臺南與高雄的產業類別場所家數可發現，臺南之製造業場所發展家數的確較高雄多（表 6）。因此，不同的都市產業發展型態，可使氣溫的變化產生不同的特徵，此即人為活動可能對氣溫變遷造成的影響。

表 10 1961-2000 年臺南與高雄年平均最高溫度及最低溫度趨勢表 單位： /年

都市 \ 氣溫	年平均最高溫度	年平均最低溫度
臺南	-0.0101 (0.0066)	0.0349** (0.0040)
高雄	0.0420** (0.0076)	0.0266** (0.0053)

\*\* 表示達 5%顯著水準，（）表示標準誤差。

## 結 論

就全臺灣地區而言，自然因素和年平均最低溫度呈現較顯著的負相關 ( $P < 0.05$ )，人為因素和年平均溫度及年平均最低溫度呈顯著正相關 ( $P < 0.05$ )。自然因素在年平均最低溫度的上升趨勢之中，扮演抑溫的作用；而人文因素則扮演著揚溫的作用。

解釋各項氣溫變數最重要且影響力最大的相關因素明顯偏重於人為因素，例如：對年平均溫度與年平均最低溫度最重要且影響力最大的因子為電力消耗， $\phi$  分別為 0.3558 與 2.7786，皆和氣溫變化呈正相關。對年平均最高溫度與年平均 DTR 最重要且影響力最大的因子為國民所得， $\phi$  分別為 3.6901 與 2.1867，皆和氣溫變化呈正相關。因此，解釋臺灣地區氣溫變化的相關因素，係偏重於人為，此即表示人為因素與氣溫變化的相關程度大於自然因素。

臺灣地區的氣溫變化與經濟發展的關係密切，各大都市氣溫變化和產業發展場所數相關。其一，屬相似氣候區之臺南與高雄兩個大都市的年平均最高溫度及年平均最低溫度的趨勢不同，高雄年平均最高溫度以 0.0420 /年的幅度上升 ( $P < 0.05$ )，臺南則無明顯的趨勢；臺南年平均最低溫度以 0.0349 /年的幅度上升 ( $P < 0.05$ )，大於高雄的 0.0266 /年 ( $P < 0.05$ )。其二，臺南與高雄的年平均最高溫度與年平均最低溫度和產業類別的關係也呈現明顯的不同，高雄之年平均最高溫度和製造業、水電燃氣業、營造業、商業及其他營利事業的場所數呈正相關 ( $P < 0.1$ )，臺南則相關不明顯；臺南之年平均最低溫度和製造業、商業及其他營利事業呈明顯的正相關 ( $P < 0.05$ )，但高雄卻相關不明顯。最後，臺南之高潛在影響氣溫的製造業場所發展家數又較高雄多。據此，不同的都市產業發展型態，的確可使氣溫的變化產生不同的特徵，此與產業類別的發展有關，這些均呈現出人為因素對氣溫的影響。

## 引用文獻

工業技術研究院能源與資源研究所 (2000) 台灣溫室氣體排放統計。

<http://sd.erl.itri.org.tw/fccc/ch/ghg/ghg.htm> [2005]

內政部 (2001) 中華民國臺閩地區人口統計。

內政部營建署 (2001) 營建統計年報。

交通部統計處 (2001) 中華民國交通統計要覽。

交通部中央氣象局 (2001) 中央氣象局氣候資料年報。

行政院經濟建設委員會都市及住宅發展處 (2001) 都市集區域發展統計彙編。

行政院主計處 (2001a) 中華民國臺灣地區國民所得。

行政院主計處 (2001b) 臺閩地區工商及服務業普查初步綜合報告。

行政院環保署 (2000) 各縣市排放量清單-行業類別統計，

[http://www.epa.gov.tw/b/b0100.asp?Ct\\_Code=04X0000145X0000207&L=1](http://www.epa.gov.tw/b/b0100.asp?Ct_Code=04X0000145X0000207&L=1) [2004]。

經濟部統計處 (2001) 中華民國臺灣地區經濟統計年報。

賴栗葦 (2001) 以介入模式分析聖嬰、拉尼那現象對臺灣降水之影響，*地理學報*，29: 93-101。

賴栗葦、姜善鑫 (2003) 臺灣地區之降雨變遷研究，*中華水土保持學報*，34 (2): 161-170。

賴栗葦、姜善鑫 (2004a) 臺灣地區之氣溫變遷研究，*中國地理學會會刊*，33: 1-20。

賴栗葦、姜善鑫 (2004b) 臺灣地區月平均氣溫日較差趨勢分析，*地理學報*，36: 101-116。

Agnew, M. D. and Palutikof, J. P. (1999) The impacts of climate on retailing in the UK with particular reference to the anomalously hot summer of 1995, *International Journal of Climatology*, 19: 1493-1507.

Bowerman, B. L. and O'Connell, R. T. (1993) *Forecasting and Time Series*, Belmont: Duxbury Press, 306-307.

Faith, W. L., Arthur, A. and Atkisson, Jr. (1972) *Air Pollution*, New York: Wiley-Interscience, 216-240, 265-273.

Haggett, P. (2001) *Geography-A Global Synthesis*, Harlow: Prentice Hall, 234-238.

Herber, D. E. and Myers, R. H. (1986) *Multiple Regression Analysis: Applications in the Health Sciences*, New York: the American Institute of Physics, 6-7.

IPCC (2001) *Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 68, 152.

Subak, S., Palutikof, J. P., Agnew, M. D., Watson, S. J., Bentham, C. G., Cannell, M., Hulme, M. G. R., McNally, S., Thornes, J. E., Waughray, D. and Woods, J. C. (2000) The impact of the anomalous weather of 1995 on the U.K. economy, *Climate Change*, 44: 1-26.

Wesolowsky, G. O. (1976) *Multiple Regression and Analysis of Variance: An Introduction for Computer Users in Management and Economics*, New York: John Wiley & Sons, 59-60.

93年12月31日 收稿

94年6月1日 修正

94年6月9日 接受