



交通部中央氣象局  
自行研究發展計畫成果報告

探究臺南地區的  
氣溫特性及其影響

102 年度研究報告第 CWB102-1A-15 號

研究主持人：朱瑞鼎

助理研究員：厲學成

研究單位：臺灣南區氣象中心

# 探究臺南地區的氣溫特性及其影響

## 報告提要

### 一、研究緣起或動機目的

過去兩年來，注意到臺南地區春季突然出現多次的反潮現象、出現輻射冷卻時最低溫不降反升、氣溫有時被高估或低估很多、新營地區輻射冷卻似乎比嘉義還明顯、寒流過後南部地區有時回暖很快有時回暖很慢、下雨過後的最高溫常被高估很多…等等。為了要弄清楚這一系列相關的問題，本研究一方面分析臺南地區氣溫控制的機制及特性，另一方面剖析臺南地區各項天氣系統下的定量溫度影響，才易釐清上述種種疑惑。

### 二、主要研究方法及途徑

為求深入探究，本文以“量化分析”統計分析臺南氣溫特性；為求廣泛涉獵，輔佐以“質性分析”全面性地描述臺南氣溫特性的可能機制或原則；最後為求實用性，討論其對實際預報、觀測、民眾健康生活上的影響。主要研究工具為 EXCEL 及 ACCESS，進行進 50 年北中南三地氣溫的統計分析。

### 三、主要研究發現或結論

第一節：臺灣各緯度受太陽斜射的程度不同，在冬季最是明顯。緯度大約每增加  $1^\circ$  (或是往北走 100 公里左右) 即減少  $1^\circ\text{C}$ 。

第二節：風可以吹散一地蓄積的高溫或低溫，因而，一天 24 小時的熱收支並非如書本所說(ex. 最高溫不一定在午後，也常在一大早)。

第三節：藉著篩選冷平流、降水及陰晴，發現雲遮蔽對臺北、臺中及臺南一月份氣溫的影響，其幅度分別是  $5.68^\circ\text{C}$ 、 $4.81^\circ\text{C}$  及  $2.96^\circ\text{C}$ 。

第四節：無論有無降水，只要雲層夠黝黑，即會對臺北、臺中及臺南一月份氣溫有影響，其幅度分別是  $2.52^\circ\text{C}$ 、 $4.57^\circ\text{C}$  及  $6.57^\circ\text{C}$ 。

第五節：篩選風力、降水及陰天晴天後，發現平均/強烈輻射冷卻對臺北、臺中及臺南一月份氣溫影響，分別是  $1.47^\circ\text{C}$  (常見)/ $4.91^\circ\text{C}$  (?)、 $3.05^\circ\text{C}$  / $5.94^\circ\text{C}$  (常見) 及  $3.71^\circ\text{C}$  / $6.45^\circ\text{C}$  (常見)。

第六節：臺北、臺中、臺南及恆春人類活動影響週間(週一至週五)氣溫，前 20 年，週間氣溫小於週末氣溫；第三個 10 年(1983-1993 年)影響幅度最大，各地週間氣溫分別高了  $0.49^\circ\text{C}$ 、 $0.39^\circ\text{C}$ 、 $0.36^\circ\text{C}$  及  $0.24^\circ\text{C}$ 。

#### 四、建議事項

第一節：南來北往，大約每 100 公里差  $1^{\circ}\text{C}$ ，若彼此間氣溫差異加大或反轉，應可考慮是否有其他天氣系統或天氣因子所影響(北部冷平流影響程度大、南部有海洋調節、雲量、下雨等)。此觀點方便在天氣小幫手詮釋鄉鎮預報時，可正確快速地研判影響氣溫的天氣因子或天氣系統。

第二節：在冷氣團通過時，北中南氣溫的降幅，不只反應冷平流強弱的影響，也反應其他天氣因子(雲量有無增多、有無降水、風)的交雜影響，若能寫入小幫手，更能詮釋其氣溫預報困難之處，且有助於教育民眾。

第三節：雲量是最難預報的天氣因子，一旦陰晴預報錯誤甚至相反，氣溫的平均誤差就有可能差到  $2.96^{\circ}\text{C}$ - $5.68^{\circ}\text{C}$ 之間，而且臺南受雲量遮蔽影響的幅度不及臺北的一半，換作其它地區受雲量遮蔽影響的幅度亦即可能與臺北不同，因此，外站觀測職員對雲量的掌握很重要，可以協助預報中心及時修正氣溫預報。

第四節：臺南氣溫受下雨影響的幅度是臺北 3 倍多，臺北的預報經驗不見得受用於其它地區，如果預報能及時結合外站對當地雲色的觀測，一旦觀測到雲層黝黑又有高降水機率，日夜溫差就會減少非常多，可回饋預報中心藉以提升氣溫預報的準確率。為求鄉鎮預報的細緻化，不妨增加全天輻射儀在某些具氣候代表性的自動氣象站，可替代觀測員對雲色的觀測。

第五節：前一天 17:00-19:00 的氣溫降幅，可作為預報隔天清晨最低溫的有用參考。另外，在東北季風、冷氣團接近情形下，臺灣由北而南冷平流程度不同，愈往北走氣溫愈低；但是，在東北季風減弱後，臺南(南部)各地輻射冷卻不同，愈往內陸走氣溫愈低。可適時調整寫入天氣小幫手並詮釋之。

第六節：全球暖化雖然不全是自然因素影響，但從本研究分析，我們至少可以知道，人類活動對氣溫影響的最少幅度。

## 探究臺南地區的氣溫特性及其影響」

致謝.....	4
圖表目錄.....	5
一、前言.....	6
1.1 摘要.....	6
1.2 研究項目、單位人員.....	7
二、緒論.....	8
2.1 研究動機及目的.....	8
2.2 研究區域氣候、地形.....	8
三、研究方法與成果.....	9
3.1 陽光斜射.....	9
3.1.1 輻射理論.....	9
3.1.2 綜合論述與成果.....	10
3.1.3 對業務有關之改進建議事項.....	11
3.2 熱收支不均.....	11
3.2.1 熱收支理論.....	11
3.2.2 綜合論述與成果.....	12
3.2.3 對業務有關之改進建議事項.....	13
3.3 雲遮蔽.....	14
3.3.1 雲遮蔽分析方法.....	13
3.3.2 綜合論述及成果.....	14
3.3.3 對業務有關之改進建議事項.....	17
3.4 降水作用.....	17
3.4.1 降水作用質性分析.....	17
3.4.2 綜合論述及成果.....	18
3.4.3 對業務有關之改進建議事項.....	19
3.5 輻射冷卻.....	19
3.5.1 輻射冷卻分析方法.....	19
3.5.2 綜合論述及成果.....	21
3.5.3 對業務有關之改進建議事項.....	24
3.6 人類活動.....	24
3.6.1 人類活動分析方法.....	24
3.6.2 綜合論述及成果.....	24
3.6.3 對業務有關之改進建議事項.....	26
四、參考文獻.....	26

## 致謝

學習是個令人謙卑的活動，而謙卑又會使人想要學習得更深廣一些。

在本次的自行研究中，原以為在全球暖化的大架構上，“探究臺南地區的氣溫特性及其影響”此議題並不難，開始研究後卻發現有許多現象無法獲得合理的解釋。而試著藉由統計分析，獨立剖析各項天氣因子(系統)的定量分析溫度影響，更是令人吃不消，大氣的控制因子過於複雜，筆者的研究念頭過於天真。

其實，不論是否艱辛或苦無所得，做研究探索未知的過程本身便是一件趣事。而且，在臺灣南區氣象中心，這裡有許多同事一起廣泛地討論可以進行研究的對象、或是深入地討論研究當中層出不窮的發現，也有許多資源可以運用(像是 WINS 可以從綜觀的角度剖析問題、或是受電腦課程 EXCEL, ACCESS 訓練可以更快速對研究資料進行統計分析…等)。感謝氣象觀測課屬學成大哥及所有同事不吝指教及提供寶貴建議，感謝臺灣南區氣象中心各位主管委派訓練及支持，特別是文亭課長把以前上課筆記供筆者參考用，也感謝中心所有同仁的關心及鼓勵，更要感謝局裡年前審核過這次研究方案，讓筆者有機會做此研究。

最後，謝謝家人、朋友及天主的陪伴，讓我可以交付研究期限前的緊要關頭，盡情地進行研究而無後顧之憂。

## 圖表目錄

圖 1	一月份實際平均氣溫分布	9
圖 2	太陽斜射角度 VS 地表受光大小	9
圖 3	大氣的溫室效應	10
圖 4	日照時數與緯度、時節的關係	10
圖 5	輻射能量與氣溫的熱收支日變化	11
圖 6	臺北地區 2012 年 3 月 14-16 日熱收支	12
圖 7	臺中地區 2012 年 3 月 14-16 日熱收支	12
圖 8	臺南地區 2012 年 3 月 14-16 日熱收支	12
圖 9	地球熱平衡	13
圖 10	東北季風影響下的雲分布特性	14
圖 11	臺北地區陰天晴天的平均氣溫比較	15
圖 12	臺中地區陰天晴天的平均氣溫比較	15
圖 13	臺南地區陰天晴天的平均氣溫比較	15
圖 14	臺北地區 1983 年 1 月 21-22 日陰天雨日的氣溫比較	17
圖 15	臺中地區 2012 年 1 月 15-16 日陰天雨日的氣溫比較	18
圖 16	臺南地區 1983 年 1 月 17-18 日陰天雨日的氣溫比較	18
圖 17	臺南各地區輻射冷卻效應的平均氣溫比較	19
圖 18	臺中各地區輻射冷卻效應的平均氣溫比較	20
圖 19	臺北各地區輻射冷卻效應的平均氣溫比較	21
圖 20	臺灣附近 2013 年 10 月 4 日海溫分析圖	21
圖 21	南部地區 2013 年 1 月 21 日清晨地表氣溫分布	22
圖 22	臺南地區 2004 年 1 月 30-31 日氣溫、相對濕度及水氣壓比較圖	23
圖 23	北中南四地區 1961 年-2013 年人類活動影響週間氣溫變化	24
圖 24	北中南四地區 50 年來 5 個時段之人類活動影響週間氣溫變化	25
表 1	臺北臺中臺南輻射平衡、溫室平衡及氣溫對照表	11
表 2	雲量影響氣溫對照表	14
表 3	輻射冷卻效應影響氣溫對照表	23
表 4	輻射冷卻效應與氣溫下降速率對照表	23

## 一、前言

### 1.1 摘要

比對臺南地區實際的氣溫觀測紀錄與氣溫預報，針對異常者試著提出解釋。但某異常高(低)溫皆是由多項天氣因子(風、雲量、降水)，或由多種天氣系統(逆溫沉降、輻射冷卻)交互而成，因此，方才提出的解釋極不可靠。書裡提到的也都是定性部分，為了要清楚異常高(低)溫的原因，藉由統計分析，試著獨立剖析出各項天氣因子(系統)的定量溫度影響(晴天、海洋調節的溫度升幅以及陰天、降水、地面輻射冷卻的溫度降幅)以及人類活動所造成的氣溫升幅，以便能夠分別獨立解釋各項天氣因子、天氣系統所造成的影響。再就其氣溫特性、溫度升(降)幅，主要做成三區(臺北地區、臺中地區、臺南地區)的比較，以更張顯出臺南地區的氣溫特性。

為求深入探究，本文以“量化分析”統計分析臺南氣溫的特性；為求廣泛涉獵，輔佐以“質性分析”全面性地描述或詮釋臺南氣溫特性的可能機制或原則；最後為求實用性，討論其對實際預報、觀測、民眾健康生活上的影響。

第一節：臺灣各緯度受太陽斜射的程度不同，各地區有其獨特的氣溫特性，而在冬季一月最是明顯。本研究由輻射平衡理論及大氣保溫理論所估算而來的理論氣溫值，緯度大約每增加 $1^\circ$ 即減少 $1^\circ\text{C}$ 。此觀點方便在天氣小幫手詮釋鄉鎮預報時，可正確快速地研判影響氣溫的天氣因子或天氣系統。

第二節：輻射平衡理論是建立在地球並未繞著太陽運轉(公轉、自轉)，也就是在地球朝向太陽同一面的太陽短波幅射與地表長波幅射達成平衡的假設上。但是，因為地球有自轉，一天 24 小時的熱收支是有變動的，也因此輻射平衡溫度無法反映在日氣溫上，僅可反映在月均溫上。實際上一天 24 小時的熱收支也並非如書本所說(ex. 氣溫極值的大小或是時間偶有異常的情形)，本研究試著詮釋之。

第三節：雲量對太陽輻射影響很大，雲層可有效阻擋太陽輻射照進地表。如果沒有其他天氣系統或天氣因子的影響，整天的陰天當然比晴天的氣溫要低，但是，到底是低了多少？本研究藉著篩選冷平流、降水及陰晴，分析發現雲遮蔽對臺北、臺中及臺南一月份氣溫的影響是不同的，分別是 $5.68^\circ\text{C}$ 、 $4.81^\circ\text{C}$ 及 $2.96^\circ\text{C}$ ，臺南受雲遮蔽的氣溫影響最小。

第四節：降水亦是影響氣溫的可能因子，然而，本研究無法區隔是降水抑或是降水及雲層加總還是雲層本身的影響。話雖如此，本研究發現無論有無降水，只要雲層夠黝黑，即會對臺北、臺中及臺南一月份氣溫有影響，其幅度分別是 $2.52^\circ\text{C}$ 、 $4.57^\circ\text{C}$ 及 $6.57^\circ\text{C}$ ，臺南受降水(降水+黝黑雲層、黝黑雲層)的氣溫影響最大。

第五節：在晴朗、弱風及乾燥天氣下，夜間降溫大，靠近內陸陸性率高，比沿海地區更符合輻射冷卻條件。本研究篩選風力、降水及陰天晴天，分析平均/強烈輻射冷卻對臺北、臺中及臺南一月份氣溫影響，分別是 1.47°C(常見)/4.91°C、3.05°C/5.94°C(常見)及 3.71°C/6.45°C(常見)，臺南受輻射冷卻的影響很明顯。

第六節：最能反映出人類活動影響氣溫並非是全球暖化，因為全球暖化的原因交互參雜(太陽幅射減弱、地磁弱化、人類活動溫室氣體增加、火山活動、天文週期等)。本研究認為週間氣溫比較，最能反映出人類活動對氣溫的影響，研究發現過去臺北、臺中、臺南及恆春人類活動影響氣溫幅度最大者，週間比週末氣溫分別高 0.49°C、0.39°C、0.36°C 及 0.24°C。

## 1.2 研究項目、單位人員

本研究計畫主要是蒐集近 50 年(1961-2013)臺北、臺中及臺南三地區氣象站(兼含人工及自動)之各項天氣資料及北中南外海浮標之天氣資料;另一方面也不斷蒐集氣溫異常(氣溫預測值與實際觀測差異頗大)的例子，與課內同仁討論並試著找尋其機制原因。接著研讀大氣輻射、氣溫相關的書籍，加上相關數據的歸納、統計，試著分析提出各項天氣因子對氣溫的影響，並試著臺南氣溫特性對觀測、預報及健康各方面的影響。

筆者在中央氣象局臺灣南區氣象中心氣象觀測課任職，有幸承蒙許多長官及課內同仁指導及支援。主要協助研究者為厲學成大哥等所有氣象觀測課職員及主管。



## 二、緒論

### 2.1 研究動機及目的

過去兩年來，注意到臺南地區春季突然冒出多次的反潮現象、出現輻射冷卻時最低溫不降反升、氣溫有時被高估或低估很多、新營地區輻射冷卻似乎比嘉義還明顯、寒流過後南部地區有時回暖很快有時回暖很慢、下雨過後最高溫預報常被高估很多…等等。為了要弄清楚這一系列相關的問題，本研究一方面分析臺南地區氣溫控制的機制及特性，另一方面剖析臺南地區各項天氣系統下的定量溫度影響，才易釐清上述種種疑惑。

因此，本研究的目的有：1. 探究臺南地區的氣溫特性及機制。2. 統計分析臺南地區各項天氣因子及人類活動的氣溫影響幅度。3. 試著做出對觀測氣溫及預報氣溫的建議。

### 2.2 研究區域氣候、地形

臺南市位於臺灣島的西南部，西側為鹽水溪、曾文溪淤積平原，地勢平緩；東側有丘陵，屬於阿里山山脈尾段，最高峰為大凍山（標高 1,241 公尺）。往西眺望為臺灣海峽，有 40 餘公里的海岸線。海岸線在七股一帶有轉折，七股以北為東北-西南走向，七股以南為西北-東南走向。

臺南市全境位於北回歸線之南，屬副熱帶季風氣候與熱帶季風氣候的過渡帶，近 30 年(1980-2010 年)來，全年平均氣溫 24.3°C，最冷月（1 月）17.6°C，最熱月（7 月）29.2°C。全年平均日照時數 2180.8 小時，僅次於恆春高雄。臺南市在此氣候條件下，沿海製鹽業有三百餘年歷史，興盛一時，但已於 2002 年停產。近年，境內科學園區亦以太陽能產業為主軸之一。降雨乾季濕季分明，冬季東北季風受地形遮蔽影響，雨量較少而為乾季；夏季西南季風盛行及午後熱對流作用，易生局部陣雨而為濕季。年平均降雨量約 1698.2 公釐，降雨日數平均全年約有 87.4 日，8 月即佔約 15.3 日。

臺南市是臺灣極早建立氣候觀測的地區。16 世紀荷治時期《熱蘭遮城日誌》中即有簡單紀錄氣候及地震，近代測候則以 1897 年臺南測候所的成立為濫觴。近代觀測亦可知臺南市不曾出現零下氣溫：已知最低溫出現於 1918 年 2 月 19 日，氣溫 2.6°C。

### 三、研究方法與成果

#### 3.1 陽光斜射

##### 3.1.1 輻射理論

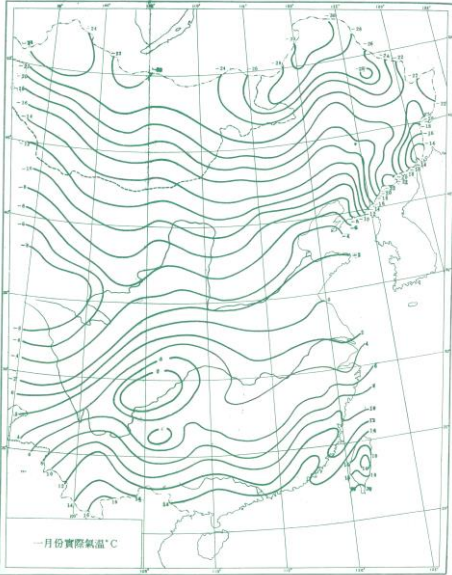


圖 1 一月份實際平均氣溫分布

從一月份平均氣溫等溫線來看(如圖 1)，大致是呈現緯度愈高氣溫愈低的情形。這主要是因為地球接近圓球形，太陽輻射斜射地表角度不同所致—斜射角度愈大，地表單位面積接收的輻射愈小(如圖 2)，氣溫愈低。本研究試著確認幅員不大的臺灣，北中南三地的氣溫是否主要也是因為太陽輻射斜射地表角度不同所致，或是還有其他天氣因子參雜其中。

氣候學告訴我們，地球吸收太陽輻射  $= S_0(1 - \alpha_p) \pi r_p^2$ ；地球放出長波輻射  $= \delta T_e^4 \pi r_p^2$ ；地表在沒有大氣保溫的作用下，吸收輻射及放出輻射兩者若達成平衡，可得到輻射平衡溫度  $T_e = \sqrt[4]{[S_0(1 - \alpha_p)/4\delta]}$ 。若考慮太陽輻射斜射地表，太陽常數必須乘上太陽入射角的  $\cos$  函數，方能得到輻射平衡溫度

$T_e = \sqrt[4]{[S_0 \cos \phi (1 - \alpha_p)/4\delta]}$ ，其中：

太陽常數  $S_0 = 1367 \text{ W/m}^2 (\pm 3.5\%)$        $\phi$  為太陽入射角

Stefan-Boltzmann 常數  $\delta = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$

$\alpha_p$  為地表反照率(混凝土  $0.22 \pm 0.05$ 、綠色作物及深色土壤  $0.1 \pm 0.05$ )

若假設地表反照率為 0.1，由幾何分析(圖 2)及計算來看，臺南地區在冬至

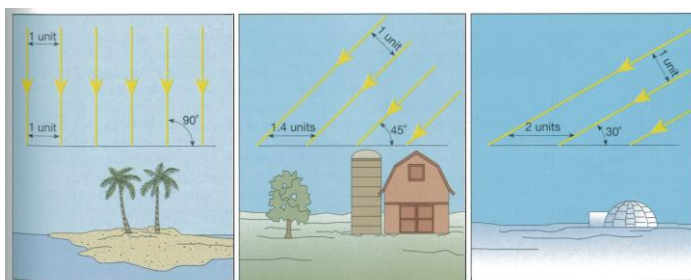


圖 2 太陽斜射角度 VS 地表受光大小

時節平均太陽輻射入射角  $43.5^\circ$ ，輻射平衡溫度  $T_e = \sqrt[4]{(1367 \cdot \cos 43.5^\circ \cdot 0.9 / 4 \cdot 5.67 \times 10^{-8})} = 257.14 \text{ K}$  (約  $-16.0^\circ \text{ C}$ )。

由表 1 可知，1 月輻射平衡溫度與 1 月實際均溫落差很大，顯示出地球大氣保

溫效應的影響是很明顯的(差異約有  $34^\circ \text{ C}$ )。大氣會吸收來自地表的輻射，同時也會放出輻射到地表讓地表增溫。如圖 3 所示，若考慮有大氣保溫的作用下，當地表熱收支保持平衡時，我們有：

$$\delta T_s^4 = \delta T_a^4 + (1-r)S_0/4$$

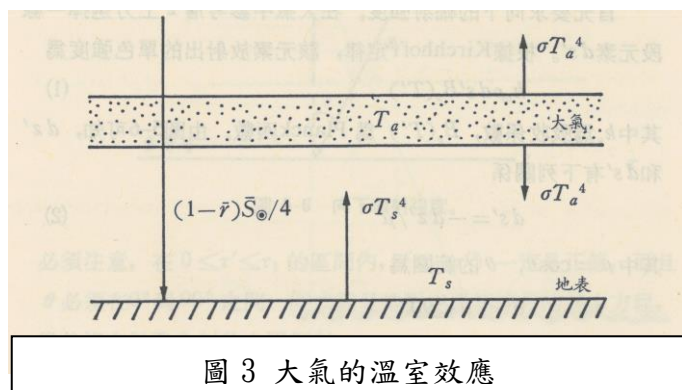
$$\delta T_s^4 = 2 \delta T_a^4 (T_a = T_e)$$

$$T_s = \sqrt[4]{2} T_e \quad (T_s \text{ 即地表溫度})$$

依據上述公式計算而得理論地表溫度即與實際溫度的落差大幅縮小。

### 3.1.2 綜合論述與成果

第一：金星過熱(太陽常數較大、大氣濃密)，使得溫室效應明顯；火星偏冷(太陽常數較小、大氣稀薄)，使得溫室效應微弱，唯地球適合生命繁衍。

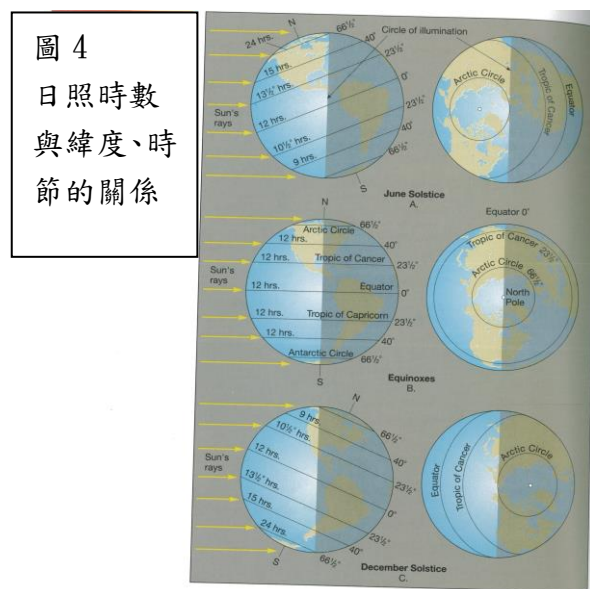


第二：從冬季 1 月份來看，臺北臺中臺南理論地表溫差約 1.3°C，與圖 1 之一月份平均氣溫等溫線圖相似，顯示月均溫的分布是以太陽斜射角度為主要因素。

第三：除了太陽斜射角度外，太陽輻射在地球各緯度所

穿透的大氣層厚度不一，且日照時間亦隨著緯度、時節而變化(圖 4)，這兩項也是影響不同緯度地區氣溫的因素，然而，其影響幅度遠遠不及太陽斜射角度對氣溫的影響，故在本研究中忽略之。不過，日照時間雖然對不同緯度的月均溫影響

不大，卻對一天內的氣溫變化有影響，容筆者在第二節論述。



第四、除了臺中臺南實際觀測值與理論值有正相關外，臺北卻顯得相當奇特。若以臺南氣溫為基準，臺北高溫比理論溫度低了 1.2°C，低溫卻比理論溫度高了 2.4°C。如果是冷氣團的影響，高低溫應該同時都比理論溫度低才合理。能夠同時降低高溫又能增加低溫，或許是雲的影響了，尤其是冬天期間，東北季風在明顯受到中央山脈阻擋下，位於中央山脈背風側的臺南臺中經常是晴天，而臺北經常是陰天，容筆者在第三節詳述。

第五、北中南三地在其他季節，不如在冬天的氣溫差異這般顯著，故本文僅選擇 1 月份資料進行統計分析。

第六、在太陽斜射影響下，大約每往北方走 1° 緯度或是 100 公里，氣溫就降 1°C 左右，南來北往可藉此觀點來調整穿著。從表 1 來看，清晨從臺南出門，

中午到達臺北，溫差約 5°C，減一件衣物；清晨從臺北出門，中午到達臺南，溫差約 9°C，可減到兩件衣物(一般而言，每差 5°C 可增減一件衣物)。

表 1 臺北臺中臺南輻射平衡、溫室平衡及氣溫對照表

冬至期間	冬至輻射平衡溫度 K(°C)	冬至理論地表溫度 K(°C)	一月高溫 (°C)	一月低溫 (°C)	一月均溫 (°C)
臺北	(-18.2°C)	(22.1°C)	19.1°C	13.9°C	16.1°C
臺中	(-17.1°C)	(23.4°C)	22.0°C	12.9°C	16.6°C
臺南	(-16.0°C)	(24.7°C)	22.9°C	14.1°C	17.6°C

### 3.1.3 對業務有關之改進建議事項

南來北往，大約每 100 公里差 1°C，若差異加大或反轉，應可考慮是否有其他天氣系統或天氣因子所影響。比方說，若發現臺南高溫比臺北高了 5°C 或低了 2°C，此現象就不能再單單以太陽斜射程度來說明，而必須試著尋找其他原因(北部冷平流影響程度大、南部有海洋調節、雲量、下雨等)。此觀點方便在天氣小幫手詮釋鄉鎮預報時，可正確快速地研判影響氣溫的天氣因子或天氣系統。

## 3.2 熱收支不均

### 3.2.1 熱收支理論

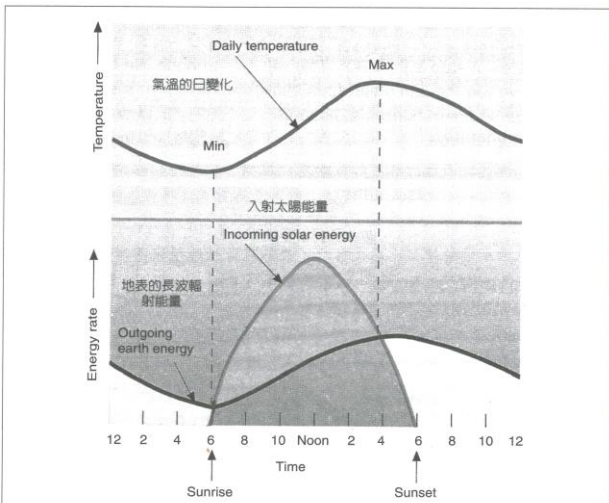


圖 5 輻射能量與氣溫的熱收支日變化

上述之理論地表溫度，是假設地球固定同一面朝向太陽，且熱收支達到平衡(地球放出長波輻射=太陽對地表放出輻射+大氣對地表放出輻射)後得出的，但地球並非是靜止不轉動的，一天之內地球自轉一圈，其熱收支是變動的。理論上，就一地來說，熱量收入大於熱量支出時氣溫升高，熱量收入小於熱量支出時氣溫降低，如圖 5。

而氣象觀測站全天輻射儀測得的 GR 值，除直達日射外尚有天空全

方向入射之散亂光，因此 GR 值可假設為熱量收入。地表長波輻射若為黑體輻射，可假設為熱量支出。根據史蒂芬·波茲曼輻射定律，氣溫可換算得輻射量，要注意的是 GR 值的單位為  $\text{MJ min}^{-2}$ ，須換算為  $\text{kWmin}^{-2}$  ( $1\text{kWmin}^{-2}=3.6\text{MJmin}^{-2}$ )。圖 6~8 分別代表北中南三地連續三天(時間先後是由左至右，三個峰值分別代表三天

中午)整點的熱收支圖。

$$I = \sigma T^4$$

I：黑體輻射強度

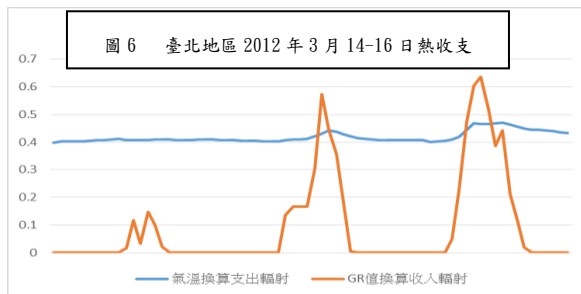
$\sigma$ ：常數  $5.77 \times 10^{-11} \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$

T：物體絕對溫度

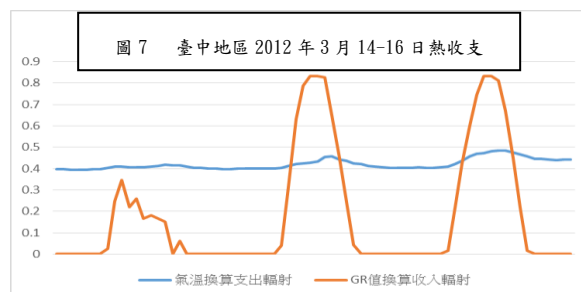
### 3.2.2 綜合論述與成果

第一：以 2012 年 3 月 14 日(第一天)來說，臺北有雨、冷平流及陰天的影響，臺中有冷平流及陰天的影響，而臺南僅冷平流的影響。可見，北中南三地不論是全天輻射量 GR 值，還是當天氣溫變化，都是差異明顯的。而這又經常是北中南三地的實際天氣情況。

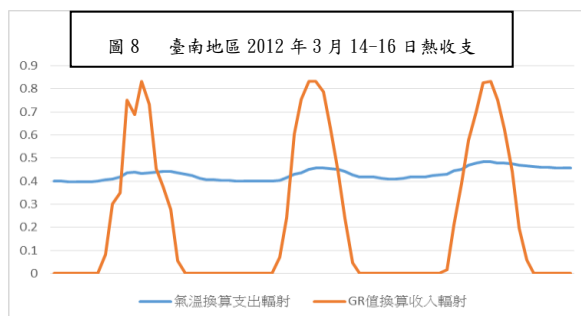
第二：如圖 5 理論所述，一天之內熱收支是變動的，但從本研究可清楚看出，增降溫時間點與圖 5 理論所述不同。理論所述，要等到熱量收入大於熱量支出後，氣溫才會上升；但是本研究發現，一旦有熱量收入(太陽升起)，氣溫就會



跟著升高。詮釋如下：在清晨，地表氣溫已與大氣氣溫保持平衡，不用等待熱量收入大於支出，有增加熱量收入氣溫便升高；在正午，有風的吹拂下，熱量無法在一地蓄



積，也不用等待熱量收入小於支出，氣溫便無法升高。在 2012 年 3 月 16 日(第三天)中午，臺南風力是臺中、臺北兩倍，臺南最高溫提前了(臺南最高溫時間在 11:35，臺



中、臺北最高溫時間分別是 14:18 及 14:20)。

第三：2012 年 3 月 16 日臺南各地出現了非常明顯的反潮，比起當年 2 月 22 日的反潮還嚴重，因此「反潮」這議題引起了各家媒體的

注意，筆者家裡地磚也在 3 月 16 日當天隆起爆裂(通常反潮出現在天氣變化大的時候，連續幾天低溫將房屋結構體、地板降溫至  $20^{\circ}\text{C}$  以下，接下來溫暖潮濕空氣進入家中使氣溫突然飆高，而產生結露、反潮的現象。)，反潮的嚴重性可見

一斑。兩次反潮的天氣變化情形都很類似，都是正值冷氣團結束，高壓迴流轉南風的天氣變化。就3月16日當天來舉例，冷氣團正要減弱結束，但臺南市清晨還是冷颼颼，且已經歷連續一週的低溫，房屋建築體非常地冰冷，在高壓迴流轉偏南風情形下，加上臺南海岸線走向緣故(臺南市南方是暖濕海風，臺中市南方是陸風，而臺北市南風不明顯)，下午才轉變的暖濕偏南風使臺南氣溫迅速飆高 $14^{\circ}\text{C}$ ( $17.0\rightarrow 30.7^{\circ}\text{C}$ )，水汽也迅速多灌入54%( $18.1\rightarrow 27.8\text{hpa}$ )，造成冰冷房屋結構體很快進入暖濕的環境中，像是從冰箱取出飲料罐進入暖空氣中結露般，使得臺南各地反潮明顯。然而，並不是冷氣團結束，高壓迴流轉南風就會有反潮，2012年3月5日即是一例，那天轉偏南風是清晨4點，這時間點的海風並不暖濕，也就沒有出現反潮。在全球氣候極端化的趨勢下，海溫似乎有升高的趨勢，如果趨勢不變，未來應會有更多反潮出現的機會，而初步來看，反潮不難預報，應可在適當時機寫入天氣小幫手。

第四、林山貢司(2011)指出，長時間待在冷氣房內，身體沒有辦法依照環境日夜溫差而改變，使得身體容易失調而引發冷氣病(手腳發冷、肩頸頭部痠痛、胃腸障礙及失眠等)，溫度應設在 $28^{\circ}\text{C}$ 為宜，應可在適當時機寫入天氣小幫手，提醒民眾留意節能減碳並保健康。

### 3.2.3 對業務有關之改進建議事項

從第二個論述可知，風對氣溫的表現有很大的影響，同時說明清晨最低溫時間可提前及中午最高溫時間亦可提前的緣故，亦同時說明低溫比原先預估還高、高溫比原先預估還低的緣故，還延伸說明了午後降水有時提前或有時延後的可能機致，在回覆民眾一些相關疑問時，可以更有把握說明之；從第三個論述可知，在冷氣團通過時，北中南氣溫的降幅，不只反應冷平流強弱的影響，也反應其他天氣因子(雲量有無增多、有無降水)的交雜影響，若能寫入小幫手，更能詮釋其氣溫預報困難之處，一方面其論述真實，另一方面亦有助於教育民眾。

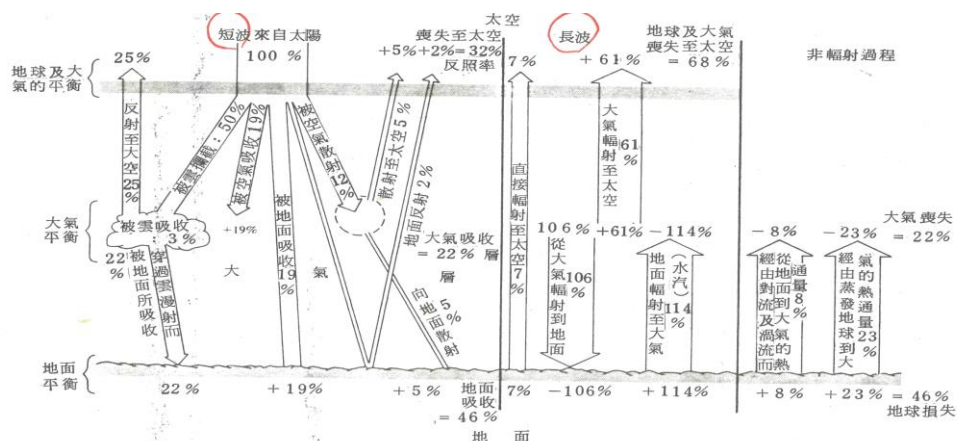


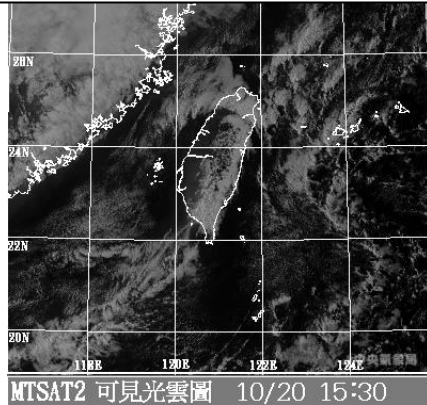
圖 9 地球熱平衡

### 3.3 雲遮蔽

#### 3.3.1 雲遮蔽分析方法

雲量對太陽輻射影響很大，厚雲層可有效阻擋太陽輻射照進地表，一般估計有 28% 之多(戚啟勳編·大氣科學)，如圖 9。一地經常性雲量多寡，足以影響該地平均氣溫的表現。而臺灣在冬季期間，東北季風在明顯受到中央山脈阻擋下，位於中央山脈迎風側的臺北經常是陰天，而位於中央山脈背風側的臺南臺

圖 10 東北季風影響下的雲分布特性



中卻經常是晴天，如圖 10，這樣的結果當然會影響北中南三地月均溫的比較。假如能夠分析單獨雲量對氣溫的影響幅度有多少，或許能夠幫助我們對雲遮蔽的影響抽絲剝繭，更加地了解北中南三地的雲遮蔽控制氣溫的機制。但影響氣溫的因子何止雲量一項，為了要分析出單獨雲量對氣溫的影響幅度，必須先做一些假設及篩選。本節研究假設，影響每年一月份期間日氣溫變化的因子僅有雲量、冷平流、風力及降水四項，在篩選出非冷平流、限制風力、

排除降水影響的日子後，從這些篩選出來的日子當中，分開比較晴天及陰天的氣溫，進行單獨雲量對氣溫的影響幅度粗略分析。

篩選非冷平流的方法，以每天 17Z 整點(清晨 1 點)氣溫做比較，前後兩天 17Z 氣溫變化幅度若是不超過  $0.5^{\circ}\text{C}$ ，就把前一天當作是非冷平流影響的日子(一整天下來的冷平流強度若是一樣時，此方法便無法篩選非冷平流的日子，不過，本節研究旨在探討如何得到雲遮蔽對氣溫的影響幅度，因此仍然適用。關於篩選非冷平流，嚴謹的說法應是篩選掉冷平流引起氣溫變化的日子。)另外，從上節熱收支的觀點來看，風力大小足以影響一地氣溫的累積，或是來源地氣溫的干擾(像是海洋氣溫調節等干擾)，因此必須再限制風力在一個範圍內，其方法為取當天 17Z-06Z 整點風力(平均風)皆小於或等於 3 級風的日子為分析樣本；而限制降水的方法，即是取當天 17Z-06Z 皆無降水的日子為分析樣本。上述三項氣象因子(冷平流、風、降水)所篩選出來的日子取其交集，配合當天 03Z, 06Z 兩整點雲量皆為 0 作為晴天樣本，配合當天 03Z, 06Z 兩整點雲量皆為 10 作為陰天樣本。結果如圖 11-圖 13 所示。

#### 3.3.2 綜合論述及成果

圖 11 臺北地區陰天晴天的平均氣溫比較

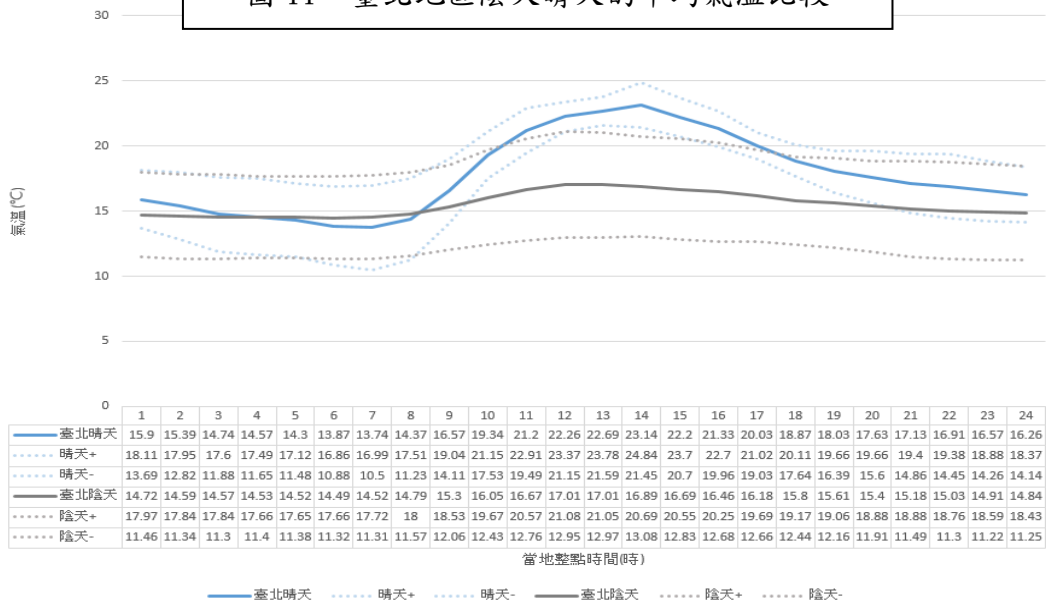


圖 12 臺中地區陰天晴天的平均氣溫比較

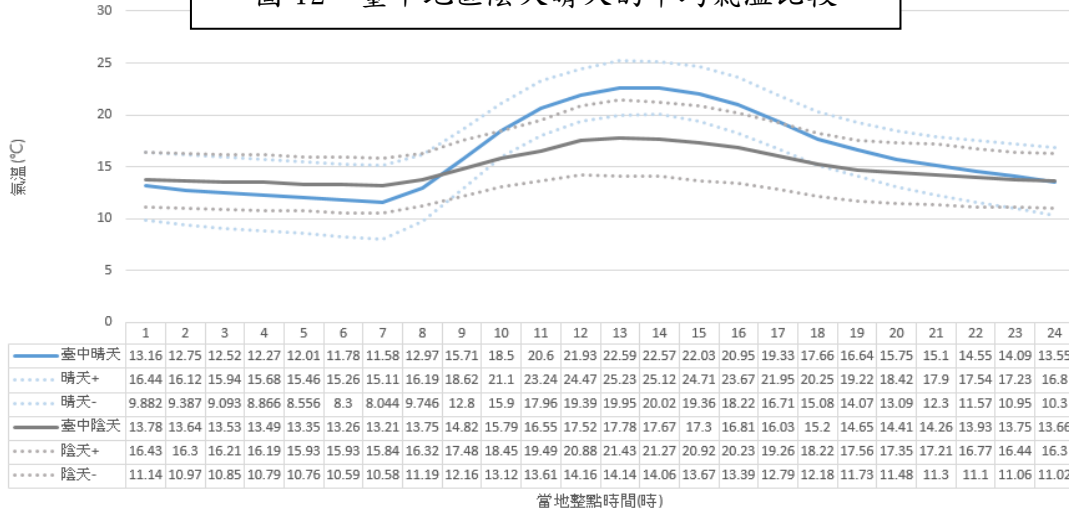
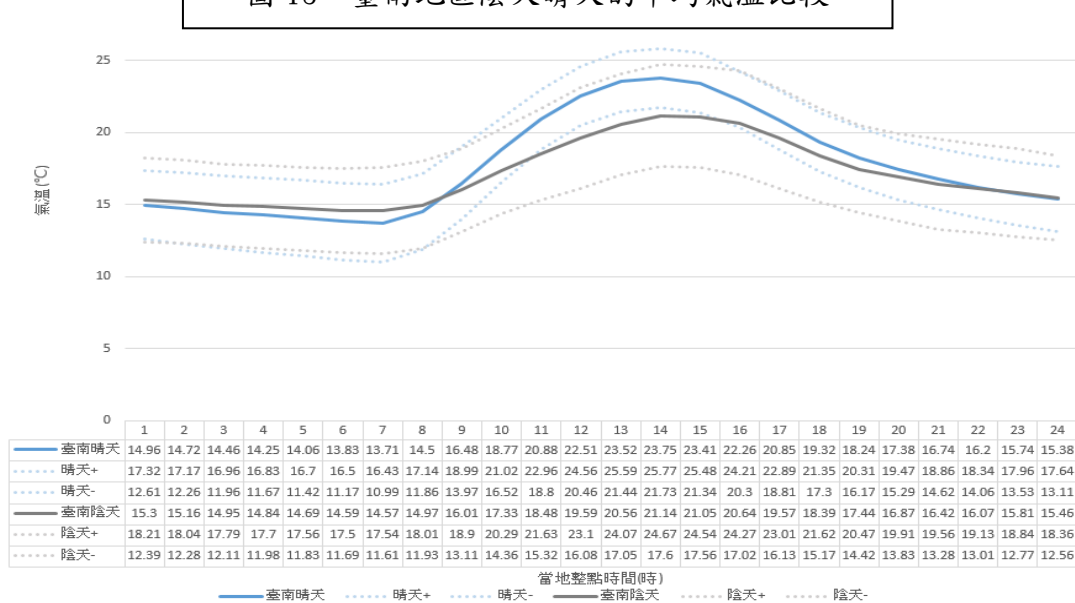


圖 13 臺南地區陰天晴天的平均氣溫比較





第一：統計結果顯示，臺北地區近 50 年來，有 24 個陰天及 7 個晴天符合上述篩選條件，從 13:00 整點平均值資料來看，臺北晴天氣溫比陰天高出 5.68°C，如圖 11；臺中地區近 50 年來，有 24 個陰天及 70 個晴天符合上述篩選條件，從 13:00 整點平均值資料來看，臺中晴天氣溫比陰天高出 4.81°C，如圖 12；臺南地區近 50 年來，有 18 個陰天及 73 個晴天符合上述篩選條件，從 13:00 整點平均值資料來看，臺南晴天氣溫比陰天高出 2.96°C，如圖 13。各地區氣溫特性做成總表 2。從資料中可以發現，臺北陰晴的氣溫差>臺中陰晴的氣溫差>臺南陰晴的氣溫差。筆者曾在臺北讀書工作超過 10 年，憑著印象初步認為，這是北中南三地在冬天的雲層厚薄不同，或者是雲層中所含小水滴大小不同所致，臺北的雲層一般比較厚或是顏色比較黑，在完全陰天的情況下，陽光穿透雲層的量來得比較少，而臺南的雲層一般比較薄或是顏色比較白，陽光穿透雲層的量來得比較多，臺中則介在其中。

第二：從 1 月平均最高溫來看，臺中臺南差 1°C，臺北臺中卻差 3°C。臺中平均雲量(5.2/10 分量)與臺南的(5.0/10 分量)接近，其溫差的 1°C，應足以說明主要是因為太陽輻射角度所致；而臺北平均雲量高(8.0/10 分量)，就臺北比臺中低了 3°C 來說，亦可指出其主要是因為臺北經常是陰天的緣故。如果把北中南三地的雲量去掉，也就是排除冷平流、風雨後所取得的晴天資料來看，如表 2 所示，臺中臺南也是差了 1°C，但是臺北卻比預期高約 1°C，以致於臺北氣溫還要比臺中高一點，讓人不免聯想到都市化所造成的影響，關於此點容筆者於第六節討論之。如果從排除冷平流、風雨後所取得的陰天資料來看，臺北臺中溫差 1°C，亦足以說明其主要是因為太陽輻射角度所致，但是臺南卻比預期高了約 2°C，讓人不免聯想到海洋調節所造成的影響，關於此點容筆者於第五節討論之。

表 2 雲量影響氣溫對照表

期間	一月觀測平均最高溫(°C)	晴天 13:00 均溫(°C) (晴:03Z,06Z 雲量 0)	陰天 13:00 均溫(°C) (陰:03Z,06Z 雲量 10)	雲量影響氣溫幅度
臺北	19.1°C	22.69°C(7 天)	17.01°C(24 天)	5.68°C
臺中	22.0°C	22.59°C(70 天)	17.78°C(24 天)	4.81°C
臺南	22.9°C	23.52°C(73 天)	20.56°C(18 天)	2.96°C

第三：從比較後可發現，北中南三地晴天清晨的氣溫皆比在陰天清晨的氣溫低，這是幅射冷卻造成的。但印象中幅射冷卻幅度沒有這麼少，應該是條件篩選的問題，關於幅射冷卻必須在篩選風力上及水氣壓上著墨才行，關於此點容筆者於第五節討論之。

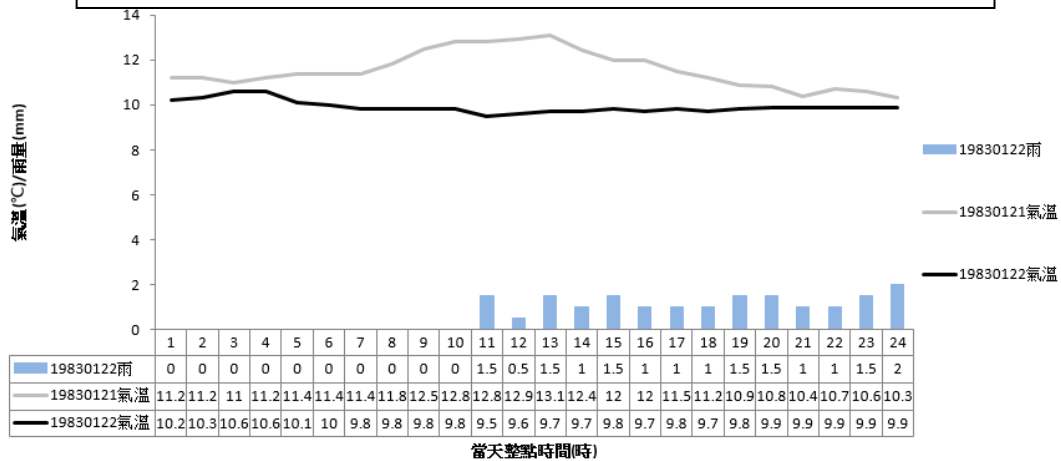
第四：圖 11-圖 13 除了繪出陰天晴天下的平均氣溫分布，也繪出了加減標

標準差後的氣溫分布，以虛線表示之(晴天藍實線、陰天灰實線、晴天加減標準差藍虛線、陰天加減標準差灰虛線)。就 24 小時標準差資料比較後可發現，北中南三地都是正午標準差比較大，也都是深夜標準差比較小。此點佐證了深夜氣溫受地表長波幅射為主，比較單純，而白天氣溫除受地表長波幅射外，還受太陽短波幅射，比較複雜。另外，就晴天陰天的標準差資料比較後可發現，晴天標準差大過陰天標準差，亦佐證了即使白天氣溫受地表長波幅射及太陽短波幅射比較複雜，但再加上雲量的影響其複雜性更多。

### 3.3.3 對業務有關之改進建議事項

雲量是最難預報的天氣因子，一旦陰晴預報錯誤甚至相反，氣溫的平均誤差就有可能差到 2.96°C-5.68°C，而且臺南受雲量遮蔽影響的幅度不及臺北的一半，換作其它地區受雲量遮蔽影響的幅度亦即可能與臺北不同，在臺北的預報經驗不見得受用於其它地區，因此，外站觀測職員對雲量的掌握很重要，可以協助預報中心及時修正氣溫預報。

圖 14 臺北地區 1983 年 1 月 21-22 日陰天雨日的氣溫比較



## 3.4 降水作用

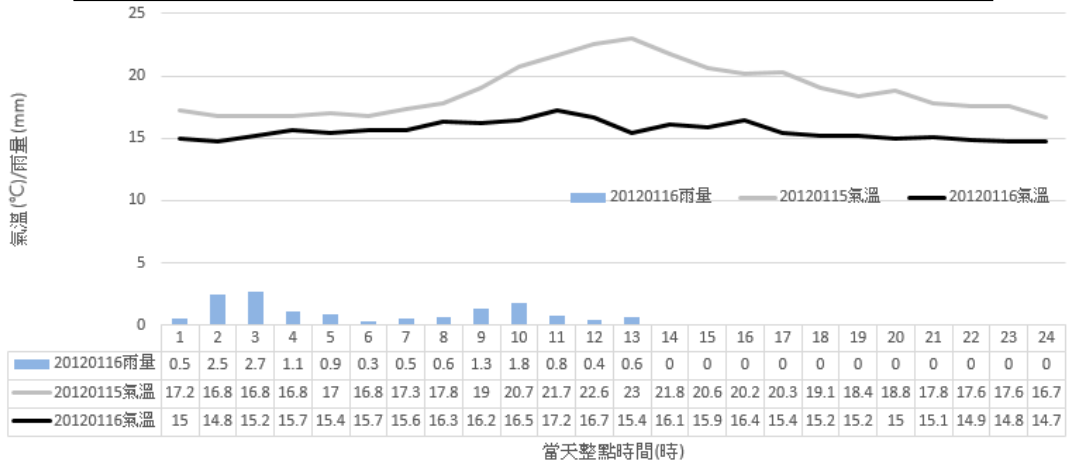
### 3.4.1 降水作用質性分析

時常注意到，在陰雨天的時候，一整天的氣溫都是在當天最低溫附近徘徊，使得冬天的氣溫預報錯得很離譜。可是，陰雨天不一定是下整天的雨、下雨可能會出現空檔、甚至是雲層有散開，太陽偶有露臉，在這些情況下氣溫仍有回升的機會。所以，陰雨天若是真的把氣溫報在最低溫附近，也是容易出錯。

而且，整天氣溫都在低溫附近擺盪的結果，並不一定是單獨降水造成，從前一節成果得知，陰天對氣溫也是有影響的。目前在陰雨天的天氣情況下，尚無法區隔兩者之間誰佔了多少比重，也就是說，尚無法獨立分析降水因子對氣溫的影響幅度。不過，通常在量化分析上行不通的研究，可試著先從質性分析上著手。本研究從臺北 1983 年 1 月 21 日、22 日兩天的氣溫、降水情形來比較探討，如

圖 14。這與村山貢司(2011)在書中指出的類似\_\_下雨天的白天氣溫幾乎都沒有上升，使得身體原本應有的節奏失調，容易降低身體免疫力而生病。

圖 15 臺中地區 2012 年 1 月 15-16 日陰天雨日的氣溫比較

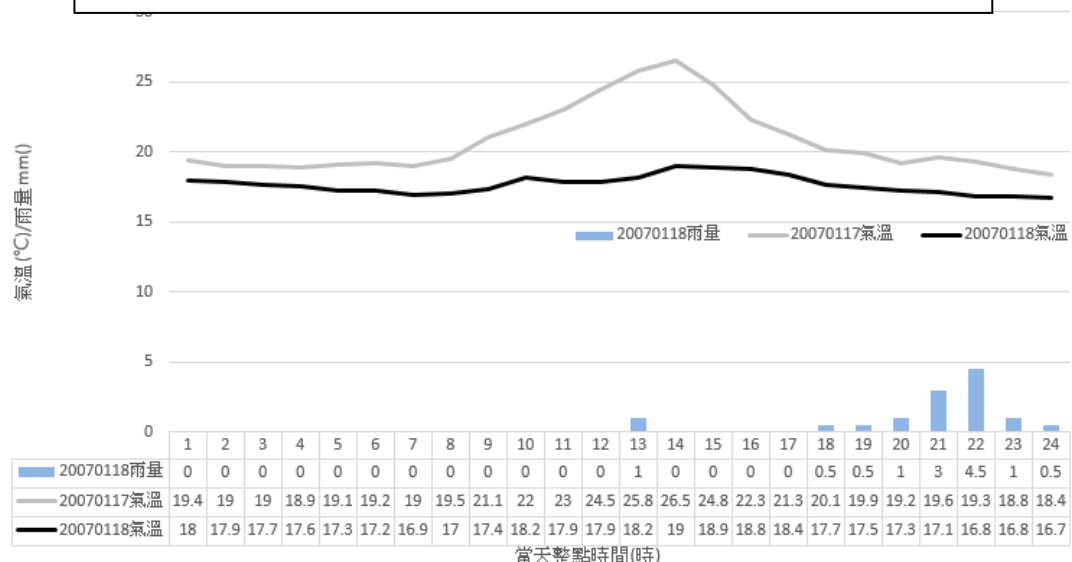


### 3.4.2 綜合論述及成果

第一：從圖 14 可知，1 月 21 日稍為還有受冷平流影響(24 點氣溫比 1 點氣溫低)，但是白天氣溫還是有回升；而 1 月 22 日幾乎不受冷平流影響(24 點氣溫與 1 點氣溫差不多)，但是白天氣溫卻在最低溫附近擺盪，這真的是表示下雨的緣故嗎？再仔細比較這兩個陰天(兩整天的雲量皆為 10/10)，發現後一天是從上午 11 點才開始下雨，可是從 7 點到 11 點之間並沒有下雨，氣溫也沒有爬升跡象。詮釋如下：理論上，雲內的水滴若是比較大顆，雲色較黝黑，它會遮蔽比較多陽光的照射。或許，在 1 月 21 日(陰天)的層積雲雲色較淺；而 1 月 22 日(雨天)的層積雲雲色較黝黑(雲色黝黑純粹是猜測，沒有觀測紀錄)。如果此推論無誤，黝黑的陰天就如同下雨的天氣一般，白天氣溫也會在最低溫附近擺盪。

第二：若結合上一節研究成果來看，北中南三地陰天的平均溫差各為 2.52

圖 16 臺南地區 1983 年 1 月 17-18 日陰天雨日的氣溫比較



°C(17.01°C-14.49°C)、4.57°C(17.78°C-13.21°C)及 6.57°C(21.14°C-14.57°C)。從本研究成果來看，北中南三地陰天的溫差，亦反映出灰白陰天與黝黑陰天(下雨)的溫差。本節研究所舉臺北實例，最高溫溫差 3.4°C(13.1°C-9.7°C)，減去兩天彼此溫差 1.4°C，可得陰天雨日溫差 2.0°C；本節研究所舉臺中實例，最高溫溫差 7.6°C(23.0°C-15.4°C)，減去兩天彼此溫差 2.2°C，可得陰天雨日溫差 5.4°C；本節研究所舉臺南實例，最高溫溫差 7.5°C(26.5°C-19.0°C)，減去兩天彼此溫差 1.4°C，可得陰天雨日溫差 6.1°C。如此一來，臺南下雨後氣溫下降幅度大約是臺北的三倍。如果說氣溫每下降 5°C，就要多添一件衣物，那麼冬天的臺北在下雨時，還不需要添衣物，可是，冬天的臺南在下雨時，添一件衣物尚嫌不夠。因此，在冬天的臺南只要一下雨，經常感覺氣溫差異是非常地顯著。圖 15、圖 16 分別為臺中、臺南兩地的陰天雨日氣溫比較圖。

### 3.4.3 對業務有關之改進建議事項

如果預報能結合外站對本地雲色的觀測(目前無此觀測項目)，一定能夠提升氣溫預報的準確率。也就是說，一旦觀測到雲層黝黑又有高降水機率，日夜溫差就不用照著模式預報，而可以據此觀點自行縮短日夜溫差，提升氣溫預報的準確率。而且臺南氣溫受下雨影響的幅度是臺北 3 倍多，換作其它地區受下雨影響的幅度亦即可能與臺北不同，在臺北的預報經驗不見得受用於其它地區。

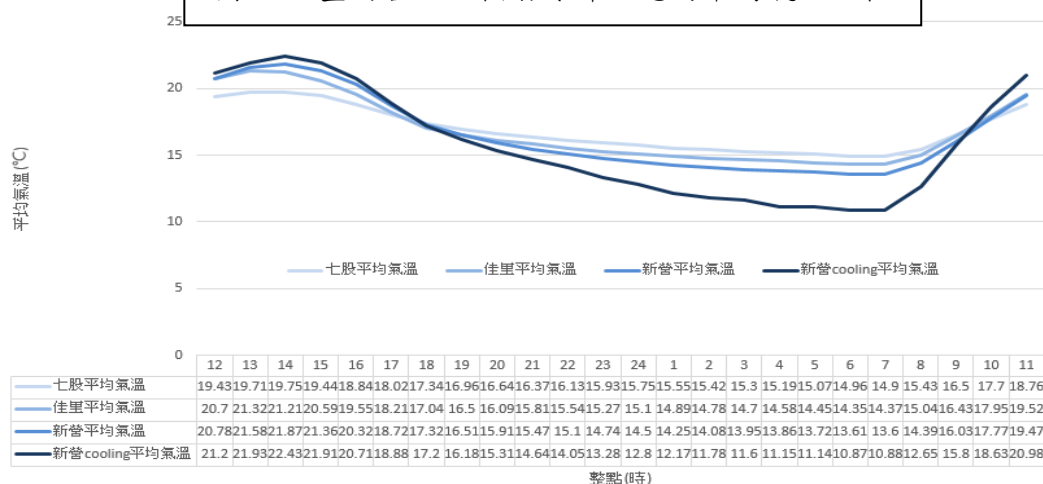
然而，有人的氣象站不多，為求鄉鎮預報的細緻化，不妨增加全天輻射儀在某些具氣候代表性(以臺南為例，除都會地區已有南區中心及永康氣象站，可另外選擇沿海地區、平原空曠地區及丘陵地區)的自動氣象站，原理與這節討論一樣，只要沒有太陽輻射進帳，氣溫是難以爬升的，可替代觀測員對雲色的觀測。

## 3.5 輻射冷卻

### 3.5.1 輻射冷卻分析方法

在晴朗、弱風及乾燥情況下，夜間地面降溫的幅度最大。對平地而言，愈靠近內陸水氣愈少風力愈弱(陸性率高)，理論上受輻射冷卻效應最大。本節研究除了統計分析北中南各地陸性率與輻射冷卻幅度的關係，也試著比較北中南三地彼此之間輻射冷卻幅度的差異性，因為常聽到輻射冷卻效應的地區為嘉義、新營一帶，但是，同是往內陸 40 公里的臺北則較少聽到。因此本研究依據

圖 17 臺南各地區輻射冷卻效應的平均氣溫比較

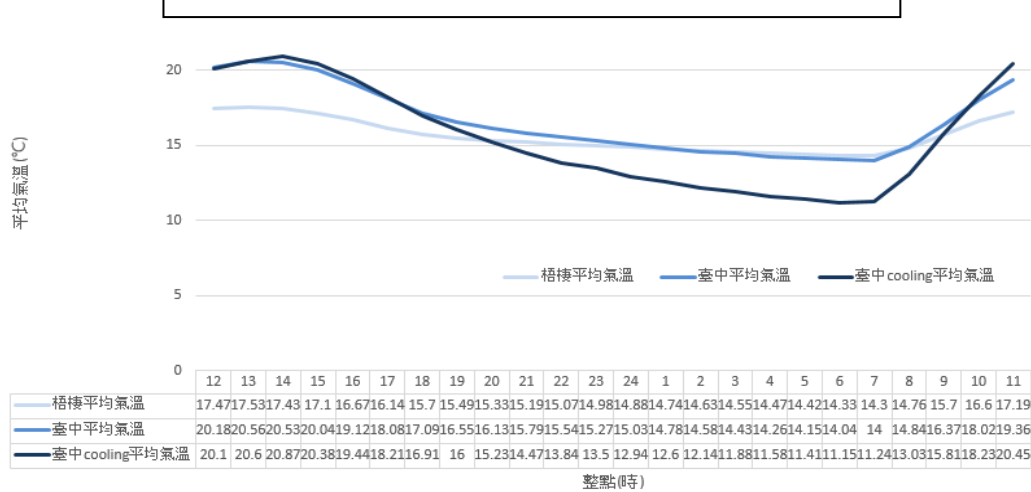


陸性率高低，由內而外(沿岸)測站的選擇是：臺北地區(臺北-淡水)、臺中地區(臺中-梧棲)、臺南地區(新營-佳里-七股)，進行輻射冷卻的氣溫分析研究。

因為新營自動氣象站並沒有觀測水氣壓，實驗組(新營自動氣象站)雖可篩選出晴朗及弱風的日子，卻無法篩選出這些日子的乾燥與否。所以，本節研究把七股雷達站、佳里自動氣象站及新營自動氣象站的小時均溫都拿來作為對照組，再選新營自動氣象站在晴朗、弱風 0-0.7m/s 的篩選日子作為實驗組，也不失為一個比較方法。臺中地區及臺北地區也如此仿照辦理：對臺中地區而言，把梧棲氣象站及臺中氣象站的小時均溫拿來作為對照組，再選臺中氣象站在晴朗、弱風 0-0.7m/s 的篩選日子作為實驗組；對臺北地區而言，把淡水氣象站及臺北氣象站的小時均溫拿來作為對照組，再選臺北氣象站在晴朗、弱風 0-0.7m/s 的篩選日子作為實驗組。

為了分析輻射冷卻效應對氣溫的影響，得要篩選出晴朗的日子、還要從中篩選出符合弱風的日子：一、篩選晴天方面，因為新營自動氣象站是無人觀測站，故取臺灣南區中心 18Z、21Z 雲量為 0(0/10)的日子，當作新營地區雲量為 0(0/10)的日子依據，而臺北氣象站、臺中氣象站即是取樣 18Z、21Z 雲量為

圖 18 臺中各地區輻射冷卻效應的平均氣溫比較



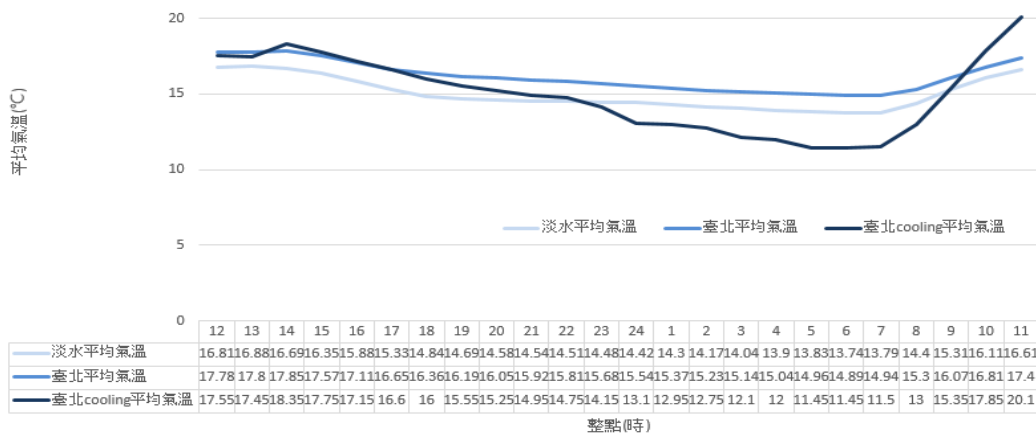
0(0/10)的日子作為樣本；二、篩選弱風方面，分析結果顯示 21Z 風力在 0-0.7m/s 之間，輻射冷卻幅度最大且幾乎一致(標準差小)，故篩選臺北氣象站、臺中氣象站及新營自動氣象站 21Z 風力在 0-0.7m/s 的日子作為樣本。統計結果顯示，新營地區 10 年來，有 32 天符合上述篩選條件，各整點氣溫值平均後，如圖 17 及如表 3 所示。從 06:00 整點資料來看，新營在弱風無雲情況下，氣溫較新營平均值低 2.74°C，較佳里平均值低 3.48°C，較七股平均值低 4.09°C。臺中地區 10 年來，有 32 天符合上述篩選條件，各整點氣溫值平均後，如圖 18 及如表 3

所示。從 06:00 整點資料來看，臺中在弱風無雲情況下，氣溫較臺中平均值低 2.89°C，較梧棲平均值低 3.18°C。臺北地區 10 年來，僅有 2 天符合上述篩選條件，各整點氣溫值平均後，如圖 19 及如表 3 所示。從 06:00 整點資料來看，臺北在弱風無雲情況下，氣溫較臺北平均值低 3.44°C，較淡水平均值低 2.29°C。

以南部地區幅射冷卻效應來看，不論是七股(沿海)、佳里還是新營，大約 18:00 整點左右氣溫都還是大致差不多的，19:00 整點之後氣溫下降才開始分道揚鑣。本節研究的幅射冷卻定義為，18:00 到隔天早上 06:00 的氣溫降幅，有了這個統一的定義，才能做彼此之間的比較。

### 3.5.2 綜合論述及成果

圖 19 臺北各地區幅射冷卻效應的平均氣溫比較



第一、從統計結果來看，北中南各地的幅射冷卻確實如同平時所經驗到的，臺南的平均幅射冷卻強(3.71°C)、臺中的平均幅射冷卻次之(3.05°C)、而臺北的平均幅射冷卻弱(1.47°C)，臺南臺中的幅射冷卻是臺北的兩倍以上。

第二、如圖 17，南部地區七股的幅射冷卻有 2.38°C，佳里的幅射冷卻有 2.69°C，新營的幅射冷卻有 3.71°C(弱風無雲篩選之新營的幅射冷卻有 6.33°C)，一

Marine Meteorology Center CENTRAL WEATHER BUREAU

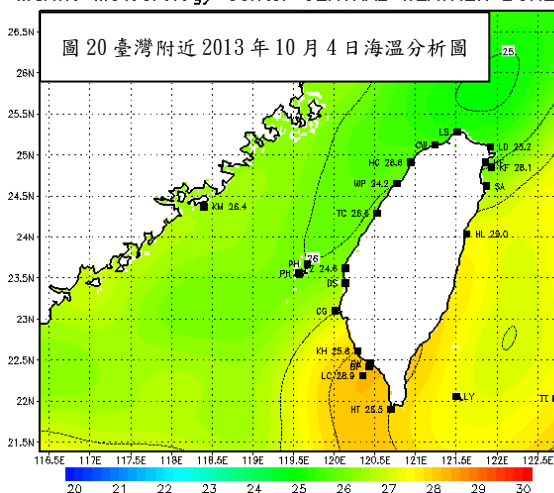
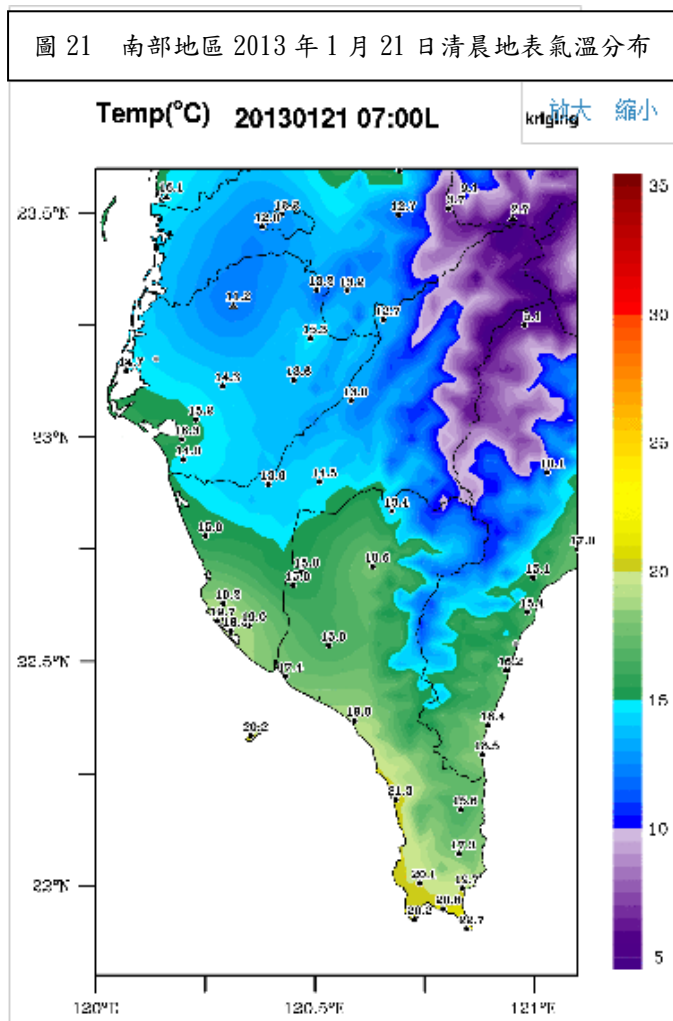


圖 20 臺灣附近 2013 年 10 月 4 日海溫分析圖

方面顯示南部地區的氣溫分布特性是，愈往內陸幅射冷卻愈強，且在弱風無雲的情形下最明顯；至於中部地區，如圖 18，梧棲的幅射冷卻有 1.33°C，臺中的幅射冷卻有 3.05°C(弱風無雲篩選之臺中的幅射冷卻有 5.76°C)，雖亦顯示中部地區的氣溫分布

特性也是愈往內陸輻射冷卻愈強，且在弱風無雲的情形下最明顯，但從本節分析可發現，梧棲的輻射冷卻幅度似乎比七股少了一半，應是梧棲不受中央山脈，風力較大，輻射冷卻所形成的冷空氣不易蓄積的緣故；至於北部地區，如圖 19，淡水的輻射冷卻僅有 1.10°C，臺北的輻射冷卻僅有 1.47°C(弱風無雲篩選之臺北的輻射冷卻有 4.55°C)，顯示北部地區的輻射冷卻並不明顯，應是臺北位於臺灣北部盆地，在冬天雲量總是偏多的情況下，輻射冷卻被雲擋住而輻射成效不彰的緣故。

第三、圖 17-圖 19 亦有顯示出海洋調節的影響，可參考圖 20，在冬天，北部海溫較低，使得夜間淡水平均氣溫比內陸臺北低；中部海溫居中，夜間梧棲與內陸臺中氣溫相似；南部海溫較高，夜間七股平均氣溫比內陸新營高。



第四、在冬季夜間，臺南地區的氣溫分布常常如圖 21 所示，以新營及嘉義地區為中心，呈現同心圓狀向外增加。這是因為臺南地區的海岸線在七股區有轉折，轉折以北海岸線大致呈東北西南向，轉折以南海岸線大致呈西北東南向，再從海洋調節角度來看，臺南地區愈往內陸氣溫愈低，就造成左半側同心圓的結果；至於右半側同心圓的原因，尚屬猜測階段，猜測其一是因為夜間吹山風，山底下附近的風把冷空氣吹散掉或是空氣塊在下沉時絕熱增暖了、猜測其二是因為臺南關子嶺及嘉義中埔都是溫泉區，地熱會有加熱空氣的作用。

第四、從圖 17 可發現在 17:00-19:00 有一個氣溫變化曲線的反曲點，此反曲點的斜率(氣溫下降的速率)與輻射冷卻效應有很好的正比關係，做成表 4。由表 4 中各項資料比較，可得知只要氣溫下降的速率在 17:00-19:00 之間有 1°C/小時以上，就有機會在隔天清晨出現 6°C 左右的輻射冷卻，表示一天當中的日夜溫差可達 12°C 左右，這是相當

大的溫差值，何況這個數據還是平均值，例如新營地區在冬季無風無雲乾燥的天氣下，有出現 15°C 的日夜溫差都是屢見不顯的。溫差一旦有 15°C，外出就必須有增減三件衣物的準備，且得注意心臟血管方面的身體不適。

表 3 輻射冷卻效應影響氣溫對照表

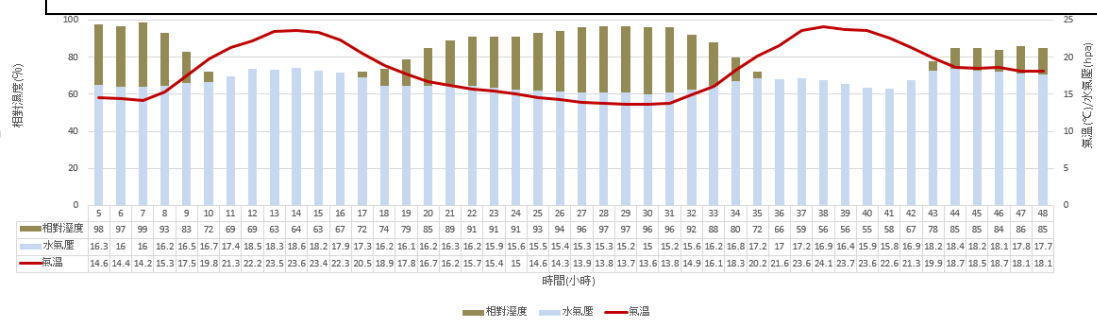
期間	一月觀測 平均最低 溫(°C)	一月觀測 18:00 平均溫(°C)	一月觀測 06:00 平均溫(°C)	一月觀測 06:00 平 均溫(°C)(弱風、 無雲)	平均輻 射冷卻 影響氣 溫	平均較強輻 射冷卻影響 氣溫
臺北	13.9°C	16.36°C(市 區)	14.89°C(市 區)	11.45°C(市區)	1.47°C	4.91°C(2 天)
臺中	12.9°C	17.09°C(市 區)	14.04°C(市 區)	11.15°C(市區)	3.05°C	5.94°C(32 天)
臺南	14.1°C	17.32°C(新 營)	13.61°C(新 營)	10.87°C(新營)	3.71°C	6.45°C(32 天)

表 4 輻射冷卻效應與氣溫下降速率對照表

期間	臺北 (強)	臺北	淡水	臺中 (強)	臺中	梧棲	新營 (強)	新營	佳里	七股
斜率(°C/小 時)	0.53	0.23	0.32	1.11	0.77	0.33	1.35	1.11	0.86	0.53
輻射冷卻 (°C)	4.55	1.47	1.10	5.76	3.05	1.33	6.33	3.71	2.69	2.38

第五、理論上，在空氣中水氣含量不變的情形下，相對濕度是氣溫的函數，氣溫愈低飽和水氣壓愈低，相對濕度就會提高。如圖 22 所示，在南部地區經常會看到此一現象，夜間隨著輻射冷卻作用，氣溫下降使得相對濕度升高，一旦相對濕度衝高到 90 百分比以上時，空氣中的水氣容易凝結為小水滴而成為輻射霧，能見度下降(2004 年 1 月 31 日當天能見度為不足 1 公里)，只要太陽一出來

圖 22 臺南地區 2004 年 1 月 30-31 日氣溫、相對濕度及水氣壓比較圖





照射，輻射霧很快便會原地消散。這是在北部地區不易見到的現象，因為北部地區的雲量多、較潮濕、風力也大，平均輻射冷卻效應低了很多的緣故。

第六、村山貢司(2011)認為，氣溫急劇降低(冷鋒過境)容易引發腦部疾患。而新營一帶平原空曠地區輻射冷卻偏強，是否亦為腦部疾患症者較頻繁的地區，值得後續深入研究。

### 3.5.3 對業務有關之改進建議事項

臺南內陸(新營一帶平原空曠地區)輻射冷卻相當明顯，日夜溫差非常大，不論是進出室內室外，抑或是進出郊區市區，都得注意溫差變化所造成的身體不適，諸如此類可寫入天氣小幫手；另外，前一天 17:00-19:00 的氣溫降幅，可作為預報隔天清晨最低溫的有用參考。

一般，在東北季風、冷氣團接近情形下，臺灣由北而南冷平流程度不同，愈往北走氣溫愈低；但是，在東北季風減弱後，臺南(南部)各地輻射冷卻不同，基本上，愈往內陸走氣溫愈低。在寫天氣小幫手時，可適時調整並適當詮釋之。

## 3.6 人類活動

### 3.6.1 人類活動分析方法

關於氣候變遷下氣溫變暖的議題，已經有大量的前人研究過。不過，從本研究前幾節討論可知，太陽輻射、雲量、雲厚(顏色)、風力、風向、降水、輻射冷卻、冷平流及海洋調節等，都是影響氣溫變化的因子。筆者認為，若沒有控制以上這些天氣因子，所得到的全球暖化趨勢是可被質疑的，遑論把責任全都推給人類活動。然而，要控制這些天氣因子又不切實際，因為篩選後所剩的樣本不足以做實驗組及對照組了。而本節研究試著從另個角度著手，由於最能反映出人類活動的情形是週休假日，週一至週五為上班日，週末兩天為休假日。本節研究假設，週一至週五白天為人類較多活動的時間，週末兩天為人

類較少活動的時間，如圖 23、圖 24。這樣便能從週間氣溫的變化情形，求得人類活動能夠影響氣溫的最少幅度。

### 3.6.2 綜合論述及成果

第一、圖 23 分別比較一個星期以來，臺北、臺中、臺南及恆春近 50 年的最高溫及最低溫分布。整體而言，從北中南四地的最高溫情形來看，非假日的氣溫確實要高一些：臺北高 0.12°C，臺中高 0.03°C，台南高 0.11



圖 23 北中南四地區 1961 年-2013 年人類活動影響週間氣溫變化

℃，恒春高 0.04℃。這樣的結果一方面確實證明了人類活動會對氣溫有影響，另方面亦指出人類活動對各都會區的氣溫影響幅度。從分析數據來看，臺北及臺南的人類活動影響氣溫幅度是其他地方的 3 倍。以臺北來說，臺北都市化明顯、人口亦較多，人類活動影響氣溫幅度較大是合理的；但以臺南來說，臺南都市化程度甚至還沒有臺中明顯、人口亦較少；而從北中南四地的最低溫情形來看，臺北高了 0.06℃，臺中高了 0.04℃，台南高了 0.15℃，恒春高了 0.06℃，除了週五外，亦顯示非假日相對來說氣溫確實要高一些，從分析數據來看，臺南的人類活動影響氣溫幅度又是其他地方的 2 倍多。人類活動似乎對臺南地區的最高溫最低溫都影響最大，其真正機制尚不清楚。

第二、上述統計是近 50 年來的氣溫平均值，在都市人口變遷下，每個都市發展時程不同，理應逐年統計才有意義，但顧及週間氣溫統計必須要大量資料才能獲得有統計意義的數據，因此本研究取各地區近 10 年的資料統計進行分析，如圖 24。此項作法亦是嘗試解開上述機制的辦法。成果顯示北中南四個地區，

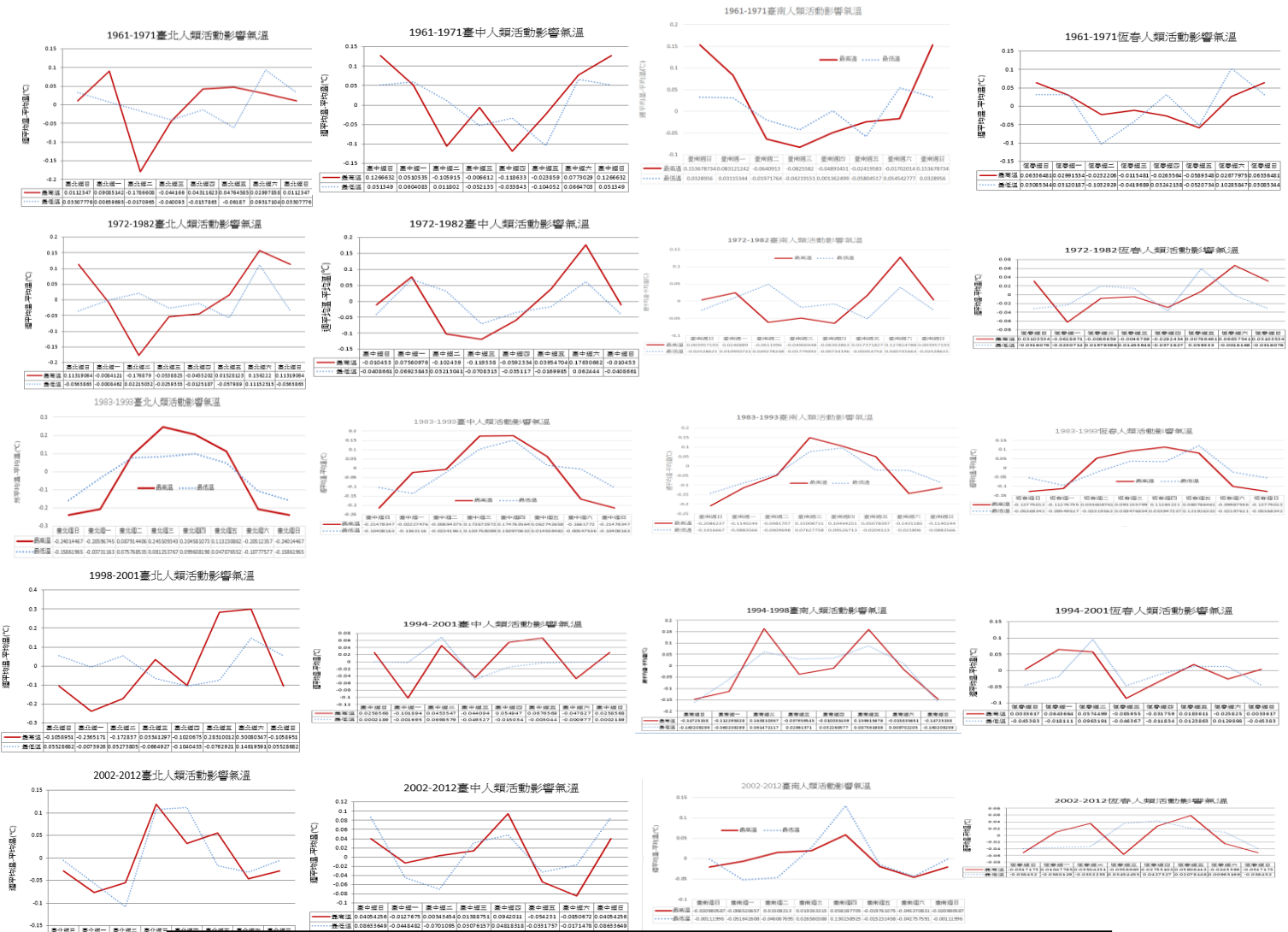


圖 24 北中南四地區 50 年來 5 個時段之人類活動影響週間氣溫變化：由左而右依序是臺北、臺中、臺南及恆春；由上而下依序是 1961-1971、1972-1982、1983-1993、1994-2001(缺)、2002-2012 年

前兩個 10 年人類活動尚未升高週間氣溫，反而是週間氣溫偏低；第三個 10 年顯示人類活動改變週間氣溫，從臺北、臺中、臺南到恆春，其影響幅度為 0.49°C、0.39°C、0.36°C 及 0.24°C，顯示出人類在週間活動有明顯增加的趨勢。第四個 10 年可以看出週間氣溫普遍呈現跳動的情況，可能是由於人類在週末的活動開始增多，不過，部分測站有資料缺漏及比對的問題，可性度較低；最後一個 10 年，除了恆春站以外，大致還是週間氣溫高、週末氣溫低的情形，可是，從臺北、臺中、臺南到恆春，人類活動改變週間氣溫影響幅度已經大幅降低，分別為 0.20°C、0.18°C、0.10°C 及 0.11°C，各地降低幅度至少都有一倍以上，此點支持人類在週末的活動開始增多的論點。而且，這最後一個 10 年(2002 年-2012 年)的時間，相當符合國人於 2000 年之後開始實施週休 2 日，假日旅遊活動增多的時間。

第三、村山貢司(2011)發現，都市化使得都會區氣象變得和週邊地區不一樣，變化最大的是氣溫、濕度以及空氣汙染。對於從郊區到都會區上班上學的人來說，每天都可能要經歷類似寒流經過的短時間氣象變化。

### 3.6.3 對業務有關之改進建議事項

全球暖化雖然不全是自然因素影響，但從本研究分析，我們至少可以知道，人類活動對氣溫影響的最少幅度。

## 四、主要參考文獻

大氣輻射(1988) 曾忠一著 聯經出版事業公司出版 334 頁。

大氣科學(2001) 戚啟勳編著 大中國圖書股份有限公司 559 頁。

氣象學理論與應用(2006) 鄭師中編著 合記圖書出版社出版 287 頁。

健康氣象學(2011) 村山貢司著 晨星出版有限公司出版 189 頁。

Wen-Yih Sun and Jiun-Dar Chern(1994) Numerical experiments of vortices in the wakes of large idealized mountains: Vol.51, No.2, American Meteorological Society, 191-209.