

台灣地區 CO₂ 增加與氣溫、海溫、海平面上升關係之研究

林永禎¹ 徐建銘² 陳柏君² 楊智翔²

1：明新科技大學環境資源管理系與旅館事業管理系副教授/水利技師

2：明新科技大學環境資源管理系學生

摘要

經由彙整國內外相關資訊，顯示溫室效應正持續加強之中，其中 CO₂ 為影響最大之因素，根據近期的研究 CO₂ 佔溫室效應比重已高達 75%，需特別加強監測與管制。本研究結果顯示台灣每年約增加排出 846.8 萬公噸的 CO₂，近年 CO₂ 增加速度非常迅速；台灣每年氣溫約上升 0.026°C，而台灣在 26 年間氣溫上升 0.676°C，相當於全球升溫速率的 3.5 倍之多，台灣附近海溫每年約上升 0.06°C，高雄海平面高度每年約上升 5.5 mm。推估每增加 1 萬公噸的 CO₂ 排放量時，台灣氣溫就會上升約 3.1×10^{-5} °C，台灣附近海域溫度就會上升約 7.1×10^{-5} °C，高雄海平面高度就會上升約 6.5×10^{-3} mm。由於溫室效應正持續加強之中，其所造成之溫度、海平面上升，雨量變化，應研究可能造成之災害，加強防範，以減少生命財產的損失。

關鍵字：溫室效應、CO₂ 增加、氣溫上升、海溫上升、海平面上升

一、研究背景

1. 溫度效應介紹

溫室效應 (Greenhouse effect)，指「從太陽輻射出來的光線原本波長較小，越過大氣層時可以穿透具有與玻璃一樣效應的二氧化碳(CO₂)，甲烷(CH₄)，

一氧化二氮(N₂O)，氟氯碳化合物(CFCs)及臭氧(O₃)等溫室氣體而抵達地球表面；然而，抵達地球表面的陽光經地表反射後波長較長，會被二氧化碳等溫室氣體阻擋，不容易散失於大氣外，以致地球上的溫度逐年增高。」假若沒有大氣層，地球表面的平均溫度不會是現在適合人居的 15°C 左右，而是低溫的 -18°C。原本地面和大氣層在整體上吸收太陽輻射能量後能釋放紅外線輻射能量到太空外達到平衡，如圖 1 中太陽總輻射量為 240 瓦每平方米，其中約三分之一 (103 瓦每平方米) 的太陽輻射會被反射而餘下的會被地球表面所吸收使地面溫暖起來，地球表面吸收的太陽輻射會再釋放出紅外線輻射，部份紅外線輻射會被溫室氣體所吸收和再釋放出來，部份被溫室氣體再釋放出來的輻射會穿過大氣層 (約 137 瓦每平方米)，返回太空的總紅外線輻射量為 $103 + 137 = 240$ 瓦每平方米，與太陽總輻射量相等，所以地球大氣層的長期輻射為平衡情況，溫度保持穩定。但受到溫室氣體的影響，大氣層吸收紅外線輻射的份量多過它釋放到太空外的份量，這使地球表面溫度上升，此為天然的溫室效應。但由於人類活動釋放出大量的溫室氣體，結果讓更多紅外線輻射被折返到地面上，加強了溫室效應作用。

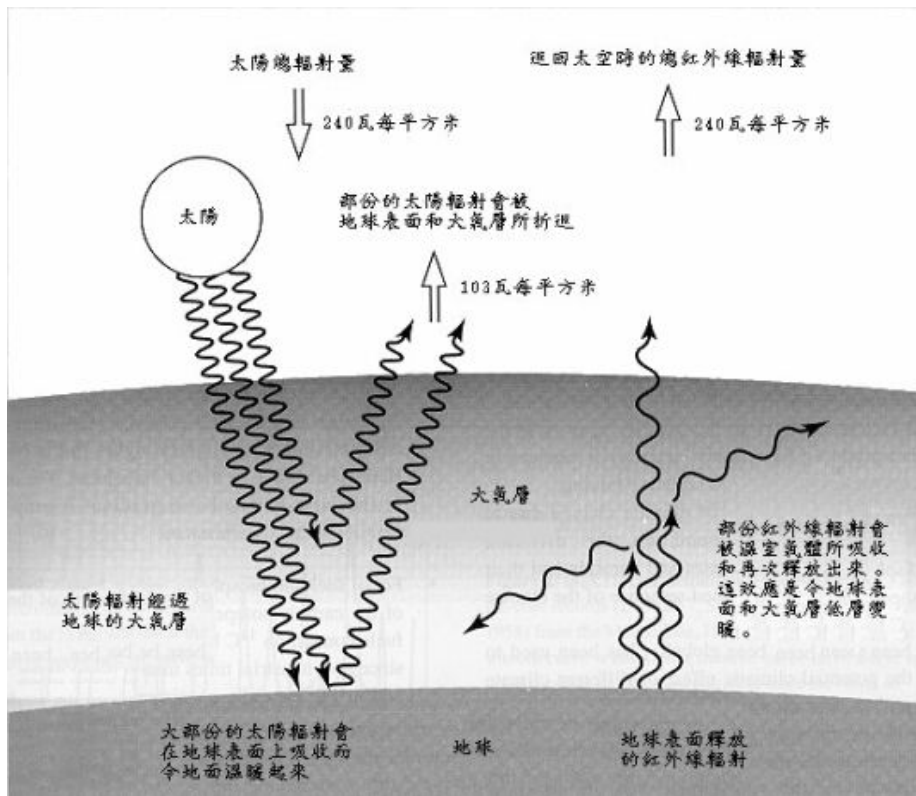


圖1 地球大氣層的長期輻射平衡情況

2. 溫室效應產生的結果

(1) 根據 2007 IPCC 的氣候變遷報告所示，近百年溫室效應產生下列的結果(資料來源:許銘熙，2007)：

- 全球平均溫度約上升 0.74°C 。
- 海水位平均每年上升 1.8mm ，近10年上升速度增加為每年 3.1mm 。
- 劇烈降雨與乾旱的頻率與強度有增加趨勢。
- 發生極端高溫的頻率增高。
- 強烈颱風（颶風）的數目在北大西洋有所增加，其強度有增強之趨勢。
- 北極海冰覆蓋面積平均10年縮小 2.7% 。
- 當全球溫度上升 $1.5\sim 2.5^{\circ}\text{C}$ ，將近有 $20\sim 30\%$ 的動植物物種將面臨絕種的風險。

3. 國內外溫室氣體減量政策之研討

(1) 我國溫室氣體減量政策所遇之瓶頸如下(資料來源:王京明，2007)：

- 經濟成長與 CO_2 尚未脫鉤、供給面的選擇有限與能源價格未合理反映成本。
- 台灣地區能源缺乏，導致能源價格過高，進而使能源價格變動緩衝帶過小，不易調整。
- 本土人才技術欠缺，若引進國外技術則因成本過高，未符合經濟效應。
- 因經費限制，未能採用最新的減量設備與技術，使得減量效果有限，往往無法如預期所期望。
- 未能有效宣導大眾搭乘大眾運輸交通工具，以減少污染排放，此外運輸燃油價格過低，以致一般民眾肆無忌憚的使用。

- f. 一般民眾對家用電所排出之CO₂排量比例了解度不高，故參與度不高，因多透過媒體單位或宣導活動等來宣導基本概念。
- g. 因政治因素，故與國際機制合作機會不大，如:JI/CDM/ET 等國際減量機制。
- h. 國內政策較不明確，而導致溫室氣體減量政策成爲空談，使各級行政機關無法發揮應有的效能。
- i. 業者參與政府溫室氣體減量意願過低，因政府提倡之誘因不足以吸引業者投資，建議需做一系列之研討會。
- j. 國內缺乏宣傳減量政策之領導者。
- k. 政府政策宣導略顯不足，因此國內民眾對溫室氣體減量認知欠缺以致配合度不高。

由於上述的種種因素，使我國減量政策之推行，往往無法達到預期之成效。

(2) 歐盟的政策，開徵能源稅與碳稅的方法或成效如下(資料來源:王京明，2007)：

- a. 積極推動節約能源政策，並鼓勵國人開發新替代能源。
- b. 積極開發低碳能源產物，並研發多方位的能源開採技術，以提升能源的使用效率。
- c. 以京都協議爲依據各國的溫室氣體減量爲一目標，並以保護環境大氣品質爲主旨，以改善國人居住的環境品質。
- d. 可降低所得稅或是用於減少社會保險費支出，並減輕僱主僱用員工的成本，進而有能力僱用更多的員工，創造更多的就業機會，這可說是一項三

贏的政策。

此外歐盟這一連串的政策改革值得台灣去效法，雖然歐盟大多數的減量政策屬強制執行策略，非採自願性減量，但從政策方面可見歐盟因應氣候變遷的決心。

二、研究方法

1. 資料蒐集

本研究從台灣地區的北部、南部、東部、外島中，以1980至2006年間，挑出各區域資料較爲完整的一測站作一系列的統整與分析，其測站地點爲基隆、新竹、高雄、花蓮、澎湖等地，分析內容以CO₂排放量、氣溫、海溫、降雨量、潮位(海平面)等數據爲主要分析探討對象。

2. 分析方法

分析方式以Excel來統整從中央氣象局、經濟部能源局、台灣大學大氣系所等單位所提供的數據，以年爲單位，算出所有數據之年平均或總和值爲當年代表值，再算出其標準差，接著進行標準化以去除其單位，其公式爲：

標準化=(當年代表值-歷年平均值)/(歷年標準差)

再將 CO₂ 標準化之數據與各項因子標準化之數據作圖進行比較，並畫出他們的線性趨勢線與其公式，以此來探討 CO₂ 與各項因子之間的關係爲何。

三、台灣氣候變遷因子分析

1. 全台 CO₂ 排量之趨勢圖(1980-2006)：

台灣每年約增加排出846.8萬公噸的 CO₂，近年CO₂增加速度非常迅速，下章節將以CO₂與其他數據作一系列之比較。

2. 台灣 CO₂ 排量與氣溫之關係

台灣每年氣溫約上升 0.026°C，根據 IPCC 統計全球近一百年氣溫約上升

0.74°C，而台灣在短短 26 年間氣溫上升 0.676°C，我們依上圖粗略估計，台灣升溫速率相當快為全球升溫速率的 3.5 倍之多。

$$((0.026^{\circ}\text{C} * 100 \text{年}) / 0.74^{\circ}\text{C}) = 3.5 \text{ 倍}$$

由圖 2 與圖 3 得知，每增加 1 萬公噸的 CO₂ 排量時，台灣氣溫就會上升約 $3.07 * 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
($0.026^{\circ}\text{C} / 846.8 \text{ 萬公噸 CO}_2 = 3.07 * 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} / \text{萬公噸 CO}_2$)

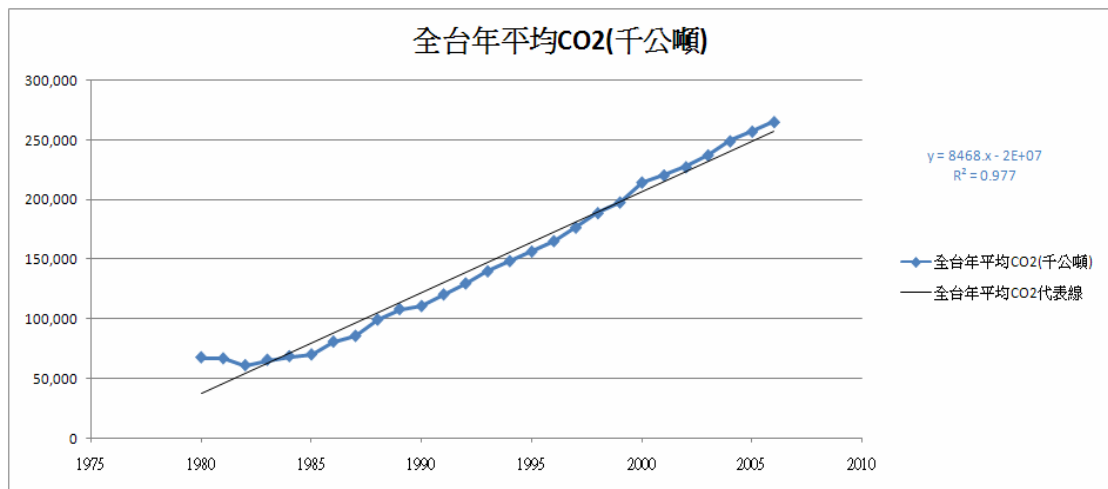


圖2 全台年CO₂排量(1980-2006)

(由本研究繪製，資料來源:經濟部能源局，2007)

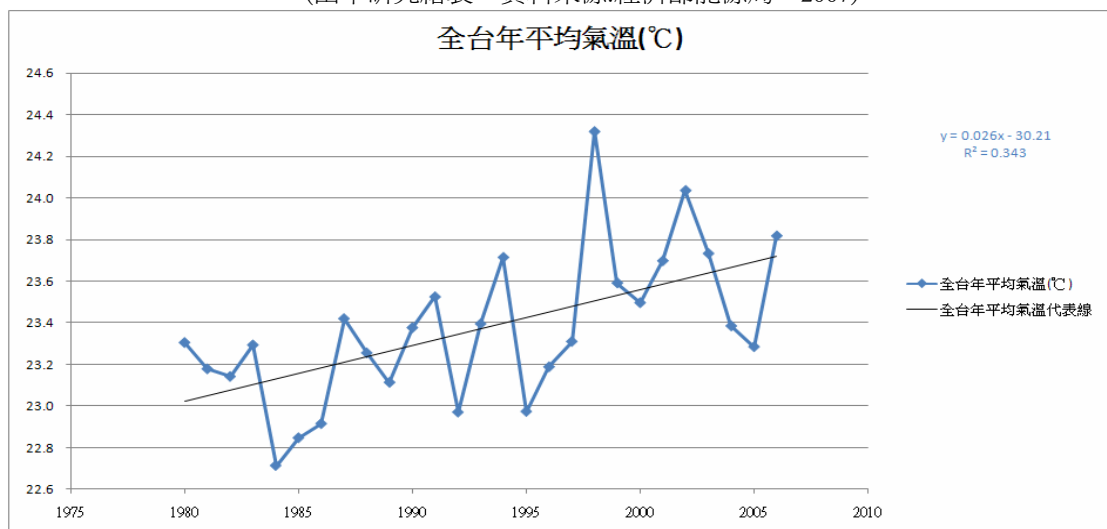


圖3 全台年平均氣溫 (1980-2006)

(由本研究繪製，資料來源:中央氣象局，2007)

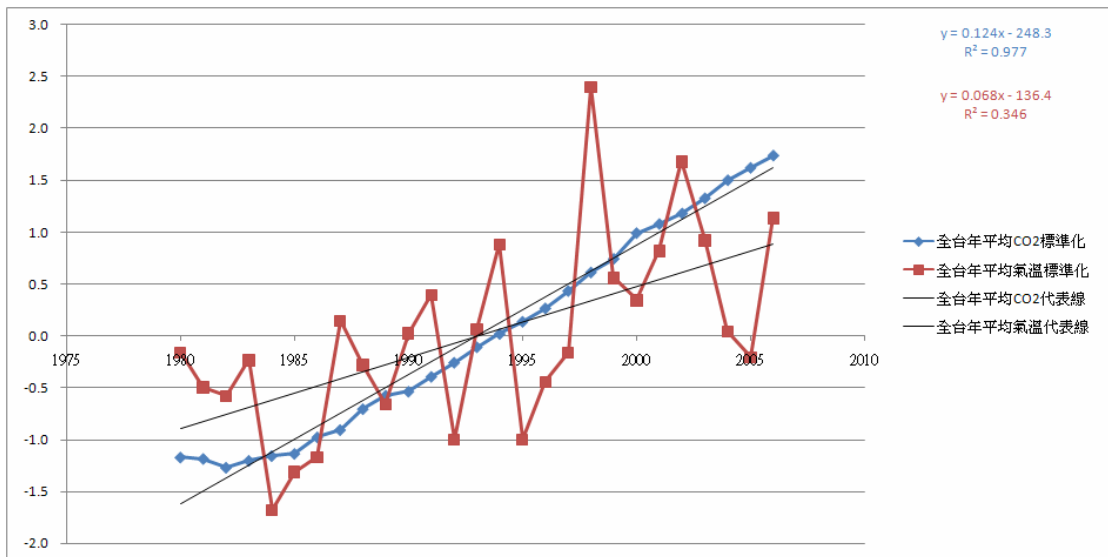


圖 4 全台 CO₂ 排量與全台平均氣溫之關係圖(1980-2006)
 (由本研究繪製，資料來源:中央氣象局、經濟部能源局，2007)

由上圖可得知，CO₂ 排量與全台平均氣溫大致成正比關係，所以 CO₂ 的排量對氣溫的升降有很大的影響。

3. 台灣CO₂排量與海溫之關係：

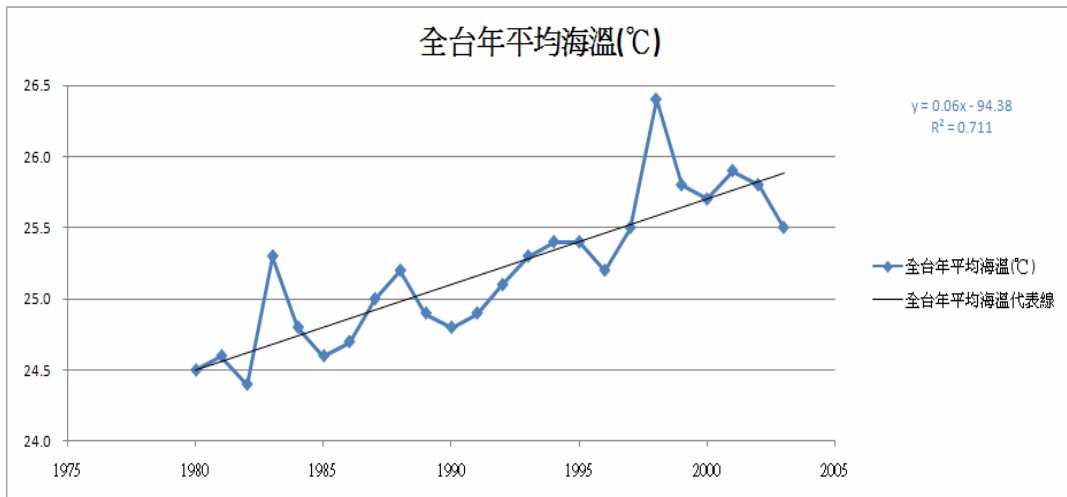


圖 5 全台平均海溫 (1980-2006)
 (由本研究繪製，資料來源:台大大氣系所，2007)

台灣附近海域每年約上升0.06°C，由圖2與圖5可得知，當排出1萬公噸的CO₂時，台灣附近海域溫度就會上升約 $7.085 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$ 。(0.06 °C /846.8 萬公噸 CO₂= $7.085 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$ /萬公噸CO₂)

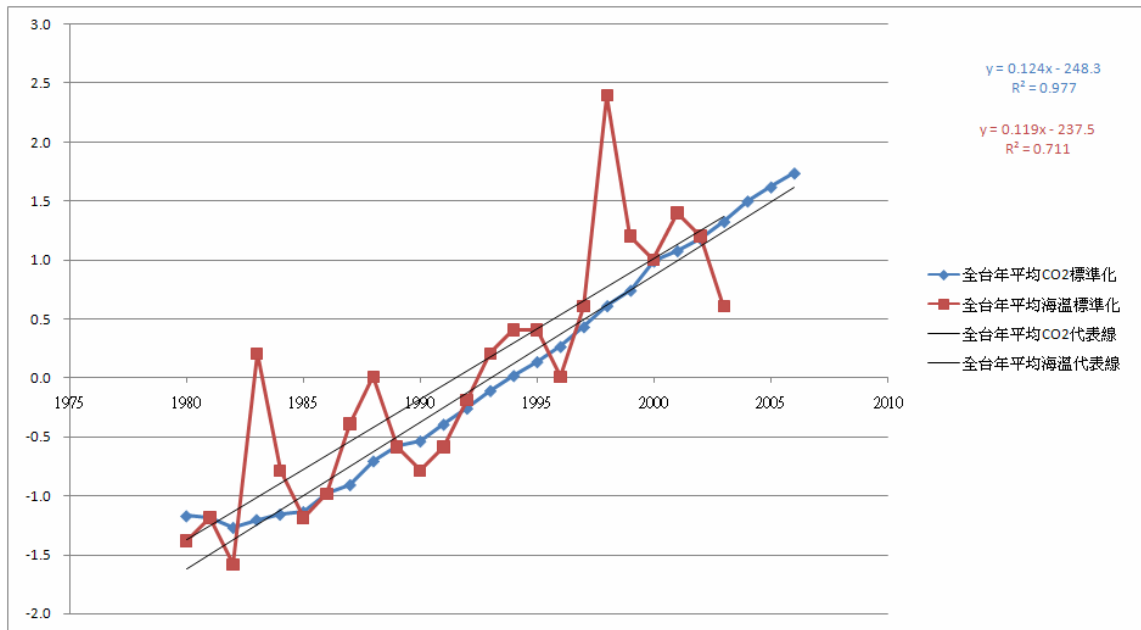


圖 6 全台 CO₂ 排量標準化與全台平均海溫標準化之關係圖(1980-2006)

(由本研究繪製，資料來源:經濟部能源局、台大大氣系所，2007)

由圖中可看到兩者趨勢線相似度極高，這點可證明當CO₂排量增加時，海溫確實會升高，兩者確實有互相影響的關係在。

4. 台灣CO₂排量與海平面之關係

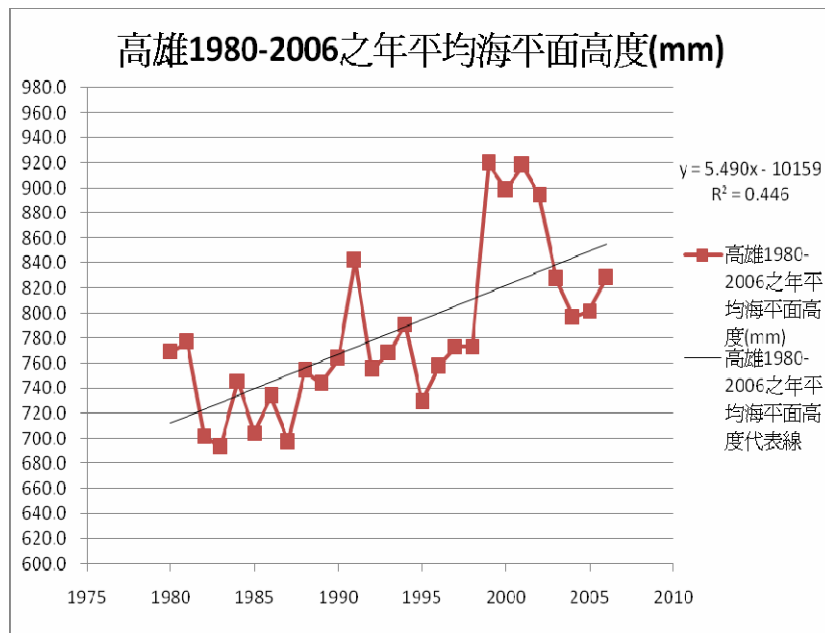


圖 7 高雄海平面高度 (1980-2006)

(由本研究繪製，資料來源:中央氣象局，2007)

台灣附近海域平均每年上升 5.49 mm，其趨勢線有明顯增加的情況。由此得知，當排出 1 千萬公噸的 CO₂時，台灣附近海域溫度就會上升約 6.48 mm。(由於此方面數據較不足，故以高雄為代表)

5. 各區域之統整

從 1980-2006 年的台灣各地區各氣候因子之變化可以明顯看出溫室效應對其之影響，以 CO₂ 排放量、氣溫、海溫、降雨量、潮位(海平面)等數據為主要分析探討對象，彙整主要結果如表 1 與表 2。

表 1 台灣各地區各氣候因子每年之變化量(1980-2006)

| 地區 | 氣候因子 | 每年增加量 |
|----|-------|-----------|
| 花蓮 | 氣溫 | 0.025 °C |
| | 降雨量 | -2.307 mm |
| 基隆 | 氣溫 | 0.031 °C |
| | 降雨量 | -16.24 mm |
| 新竹 | 氣溫 | 0.027 °C |
| | 降雨量 | -4.184 mm |
| 高雄 | 氣溫 | 0.027 °C |
| | 降雨量 | 13.59 mm |
| | 海平面高度 | 5.49 mm |
| 澎湖 | 氣溫 | 0.021 °C |
| | 降雨量 | 14.64 mm |

(由本研究彙整，資料來源:中央氣象局、經濟部能源局、台大大氣系所，2007)

表 2 台灣各地區各氣候因子之變化

| 地區 | 氣候因子 | 每年增加量 |
|----|------------------|-----------|
| 全台 | CO ₂ | 846.8 萬公噸 |
| | 氣溫 | 0.024 °C |
| | 海溫 | 0.06 °C |
| | 降雨量 | 1.1 mm |
| | 海平面高度 (以高雄為例) | 5.49 mm |

(由本研究彙整，資料來源:中央氣象局、經濟部能源局、台大大氣系所，2007)

四、結論與建議

1. 結論:

- (1) 經由彙整國內外相關資訊，顯示溫室效應正持續加強之中，其中 CO₂ 為影響最大之因素，故需特別加強監測與管制。
- (2) 台灣每年約增加排出 846.8 萬公噸的 CO₂，近年 CO₂ 增加速度非常迅速；台灣每年氣溫約上升 0.026°C，而台灣在 26 年間氣溫上升 0.676°C，相當為全球升溫速率的 3.5 倍之多，台灣附近海溫每年約上升 0.06°C，本研究唯一可用之海平面資料，高雄海平面高度每年約上升 5.5 mm。
- (3) 推估每增加 1 萬公噸的 CO₂ 排放量時，台灣氣溫就會上升約 3.1*10⁻⁵ °C，台灣附近海域溫度就會上升約 7.1*10⁻⁵ °C，高雄海平面高度就會上升約 6.5*10⁻³ mm。

2. 建議:

- (1) 由於溫室效應正持續加強之中，其所造成之溫度、海平面上升，雨量變化，應研究可能造成之災害，加強防範，以減少生命財產的損失。
- (2) 不同區域之變化略有差異，可以進一步探討造成差異之原因，例如：臨近之海洋水氣、森林、平均高度、季風、地層之變動等之影響。

五、誌謝

本研究經費由國科會大專學生參與專題研究計畫 NSC 96-2815-C-159 -005 -E 提供，本文為其部份成果，謹此誌謝。

參考文獻

1. 中央氣象局，氣象因子數據，2007。
2. 王京明，「溫室氣體減量之國際經驗研究」，行政院經濟建設委員會2007年。
3. 台大大氣系所，台灣附近海域海溫數據，2007。
4. 田中正之，「溫暖化的地球」，書泉出版社，1995年5月初版。
5. 行政院環境保護署，「溫室氣體」，中華民國能源之星網站 <http://www.energystar.org.tw/indexC.asp>，2007上網。
6. 許銘熙，「全球氣候變遷與災害防治」，國立聯合大學理工學院，2007年3月17日演講資料。
7. 經濟部能源局彙整，工研院能環所統計，CO₂排量統計數據，2007年6月。
8. IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change), Radiative Forcing of Climate Change and An Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios, Cambridge University Press, U.K, 1994。