

臺灣地區 Live E!計畫都市與森林二氧化碳監測之分析

顧靜恆¹ 林博雄² 賴彥任³ 魏聰輝³

¹臺灣網路資訊中心

²臺灣大學大氣科學系

³臺灣大學實驗林管理處

摘要

本文說明臺灣網路資訊中心(TWNIC) IPv6 網路建置發展計畫之「Live-E 計畫」, 所引進的 Vaisala WXT510 整合式氣象感測器、GMP343 二氧化碳感測器和日本 ECHELON 公司 iLon 網路伺服器, 分別架設在台北都會區 TWNIC 辦公大樓、高速公路泰山收費站以及臺灣大學實驗林管理處溪頭營林區, 所進行的都市與森林環境監測結果。這些環境資料經由網路即時傳輸展示與儲存, 提供民眾對於周遭大氣環境的具體認知。本文也針對 2008 年 12 月到 2009 年 6 月期間非假日和假日期間, 分析上述三處地點二氧化碳濃度特徵及其和風場的關聯, 說明人類活動與環境微氣象的互動現象。

一、前言

芬蘭 Vaisala 公司於 2004 年發展推出的新一代的小型氣象感測整合組件 WXT510 (Vaisala, 2004), 突破傳統量測發方法, 分別以超音波感測原理之風向風速感測元件 (WINDCAP) 和雨滴撞擊感測平面 (RAINCAP), 安置在溫度濕度遮罩上方, 取代螺旋槳風車風速風向計和傾斗式雨量計, 大幅縮小現有天氣觀測組件的體積和安裝難度。此外, 林等(2008)也進行了 WXT510 資料可靠性以及其在都市環境、森林水文、遊憩管理等小尺度氣象網絡即時監測應用測試。

2008 年臺灣網路資訊中心(TWNIC) IPv6 網路建置發展計畫「Live-E 計畫」, 繼續引進 3 套 Vaisala 公司 GMP343 二氧化碳(CO₂)感測器, 結合 WXT510 以及日本 ECHELON 公司 iLon internet server, 分別架設於台北都會區 TWNIC 辦公大樓、高速公路泰山收費站以及臺灣大學實驗林管理處溪頭營林區, 擬進一步檢視不同環境情境下 CO₂ 濃度與氣溫、濕度、風速等的變化和相關性, 做為環境減碳策略的參考資訊。第二節我們將說明儀器特性與觀測地點之特性, 第三節說明三處地點 CO₂ 濃度逐時平均日夜差異圖, 並從假日與非假日的對比, 以及 O₂ 濃度與風速的相關性, 嘗試說明人類活動與環境微氣象的互動現象。

二、資料特性與來源

Vaisala 公司 GMP343 是該公司於 2006 年出品的

防水型高靈敏度的 CO₂ 感測器, 以紅外光吸收方法來偵測空氣中的 CO₂ 濃度, 精確度 1 ppm (30 秒平均) 三套 GMP343 在原廠同步調校後由 TWNIC 委託翰昇公司, 分別安裝於第一高速公路泰山收費站公務站房屋頂(鄰近大貨車 ETC 通道)以及臺灣大學實驗林管理處溪頭營林區苗圃氣象站鐵塔 1.5m 高度, 第三套 GMP343 則置放於 TWNIC 9F 辦公室(臺北市羅斯福路一旁之玻璃帷幕空調大樓)室內公共區檯面上, 為典型的都會商業辦公室樓面環境。三套 GMP343 和 WXT510 經由 E-Live 硬體和軟體設定, 每秒鐘自動將量測資料透過網路回傳 TWNIC 和日本 E-Live 計畫辦公室的資料庫, 本研究取下 TWNIC 資料庫原始資料(2008 年 11 月~2009 年 6 月)再加以品質檢查過濾和以小時為單位的統計平均處理, 最後再進行所有月份的每一小時平均處理, 擬以 0~23 時為單位進行氣象參數日夜變化分析使用。

三、資料分析結果與展望

圖 1 是上節所述三處地點在 2008 年 12 月 24 日到 2009 年 1 月 6 日期間的 CO₂ 濃度逐時變化, 都會辦公室空調密閉環境的 CO₂ 濃度隨著假期(聖誕節和元旦)以及上下班人為活動而有顯著劇烈差異(400~1500ppm)。當辦公室內活動沉靜一段時間後(6:00pm~8:00am) CO₂ 濃度, 非常接近戶外通風良好

的泰山收費站量測值。最大高峰值出現在 2009 年 1 月元旦結束後所有工作人員同時回到辦公室活動，其和春節假期前夕時段以及兩假期之間幾天上班日白晝時段數值有明顯不同，因此我們預期 CO₂ 濃度和室內上工作人數會有顯著正相關。相對地，戶外環境的泰山收費站和溪頭森林苗圃地的 CO₂ 濃度日夜變化相當穩定，但是前者因位於公路闡道，汽車排放 CO₂ 量仍高於森林樹木的吞吐量。

我們再從圖 2~圖 4 來仔細探討三處地點 CO₂ 濃度的日夜變化特徵，首先 TWNIC 辦公室呈現 600~1000ppm 的周期變化，由辦公室活絡前(8:00am)的極低值 600ppm 到黃昏下班前(6:00pm)的極大值 1000ppm(圖 2)，反應該空間 CO₂ 濃度在白晝累積以及夜間稀釋現象。然而由於該環境僅有天花板空調循環設備，沒有戶外風場進入室內，因此室內的 CO₂ 稀釋速度緩慢，即使經過 12 小時仍然無法下降到戶外街道背景值(~400ppm)。反觀溪頭森林地區(圖 3)，夜間到清晨 6:00am CO₂ 濃度穩定維持在 324 ppm。陽光照射後，樹林開始進行光合作用而讓 CO₂ 濃度下降 12ppm，之後隨著遊客與少量汽車進出而讓 CO₂ 濃度增加 4ppm(09:00am~04:00pm)，6:00pm 之後 CO₂ 濃度再度回到 324ppm。

臺北都會區 CO₂ 濃度與林口桃園交會點的高速公路泰山收費站間歇性車流量，所帶來的 CO₂ 濃度變化更是引人興趣，圖 4 顯示收費站夜間 CO₂ 濃度高達 400~422ppm，6:00am 之後逐漸下降到 380ppm。2:00~4:00pm 之間，CO₂ 濃度可能因為車流量銳減而降到 378ppm 最低值，之後交通量以及夜間周遭地區林木光合作用停止，CO₂ 濃度再度回升到 400ppm。我們透過 2009 年 6 月 13 日~19 日資料來具體討論泰山收費站在非假日與假日兩時段日夜變化的對比，圖 5 資料顯示後者在清晨(黃昏)的極大值分別比前者提早(延後)一個小時。至於較長假期(比如 2008 年 12 月 27 日

~2009 年 1 月 2 日)的變化特徵(圖 6)，則有別於周休二日正常假期，資料顯示旅遊潮的車流量分別在清晨 7:00 和 10:00pm 之後的 CO₂ 高峰值出現，高於其他時段 30~40ppm 之多。至於風速對於 CO₂ 濃度通風擴散的效率則因地而異，泰山收費站只要風速高於 0.3 m/s CO₂ 濃度立即下降 但是溪頭風速要超過 3 m/s，CO₂ 濃度才會顯著下降(圖 7)。

透過 TWNIC IPv6 環境同步監測應用計畫，本文首次提供臺灣都會、交通要道與森林自然背景的 CO₂ 濃度日夜變化之定量特徵，雖然這些資料長度尚不足以討論季節與年際變化，但是對於人類社會高度關注的溫室氣體、地球暖化以及減碳行動，提供一份參考資訊並展示資訊網路科技對於氣象環境監測的應用範本。

四、參考文獻

- 林博雄，賴彥任，魏聰輝，顧靜恆，2008: “臺灣地區 Live E!計畫應用在森林微氣象研究之初步成果”。2008 年天氣分析與預報研討會，臺北。
- 林博雄，徐仲毅，賴彥任，顧靜恆，許光裕，2007: “小尺度氣象網格即時監測概念個案”。第九屆全國大氣科學研討會，桃園龍潭。
- 賴彥任，邱祈榮，魏聰輝，沈介文，林清儒，2007: “以無線感測網路技術進行森林微氣象觀測之先驅實驗”。*大氣科學* 35,119-133。
- Vaisala, 2004: “Multiple Measurements in a Single Instrument—New possibility for weather measurement”. *Vaisala News*, 166, 27-29。

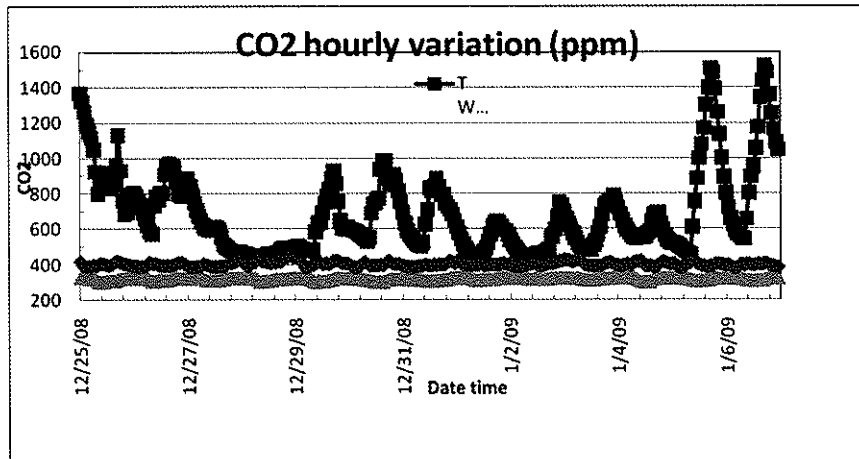


圖 1: 2008 年 12 月 24 日到 2009 年 1 月 6 日期間，TWNIC 9F 辦公室室內(紅色)第一高速公路泰山收費站(藍色)以及臺灣大學實驗林管理處溪頭營林區苗圃氣象站(綠線)三處地點在的 CO₂ 濃度逐時變化。

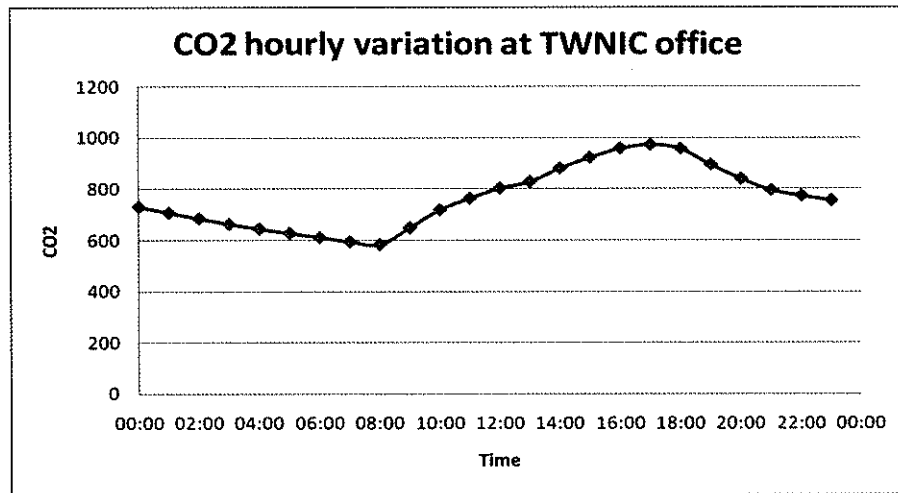


圖 2: 2008 年 12 月~2009 年 6 月期間，TWNIC 9F 辦公室室內逐時的 CO₂ 濃度逐時變化。

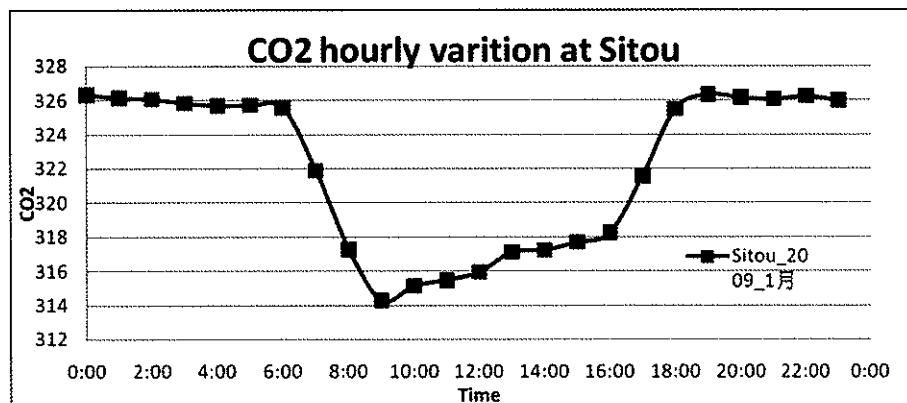


圖 3: 同圖 2，但為臺灣大學溪頭營林區。

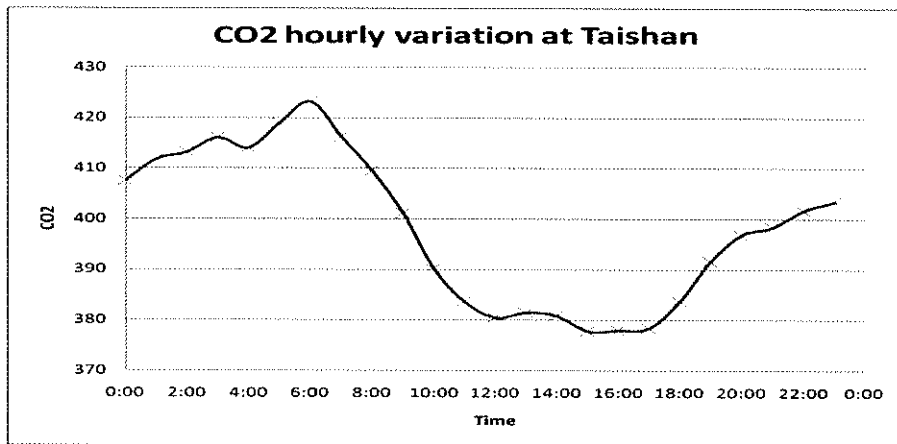


圖 4: 同圖 2，但為高速公路泰山收費站。

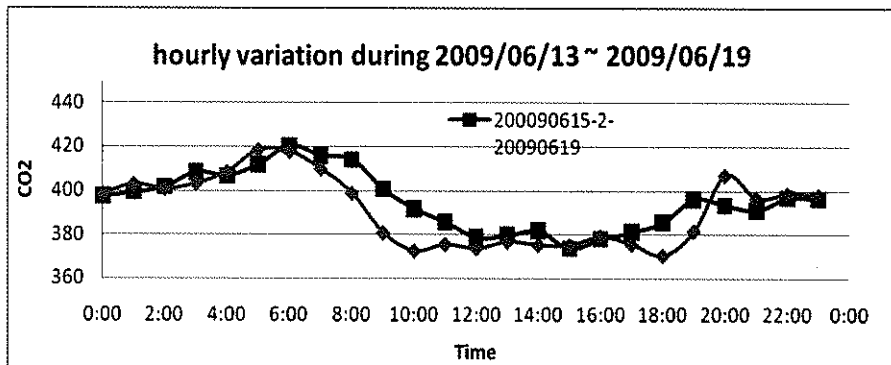


圖 5: 2009 年 6 月 13 日~19 日泰山收費站非假日與假日兩時段之 CO₂ 濃度日夜變化。

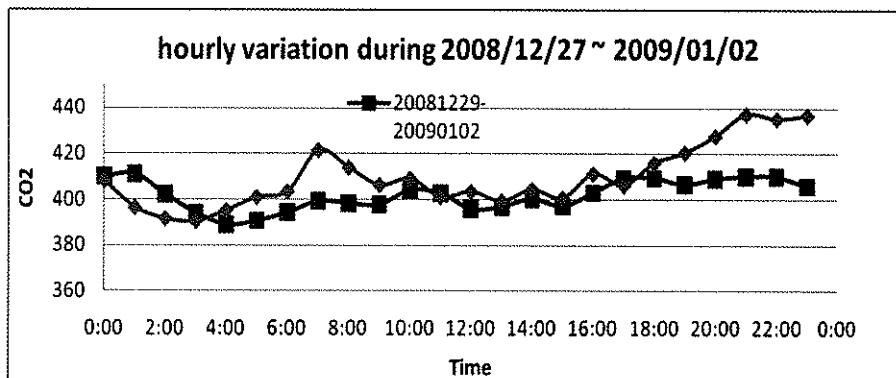


圖 6: 2008 年 12 月 27 日~2009 年 1 月 2 日泰山收費站非假日與假日兩時段之 CO₂ 濃度日夜變化。

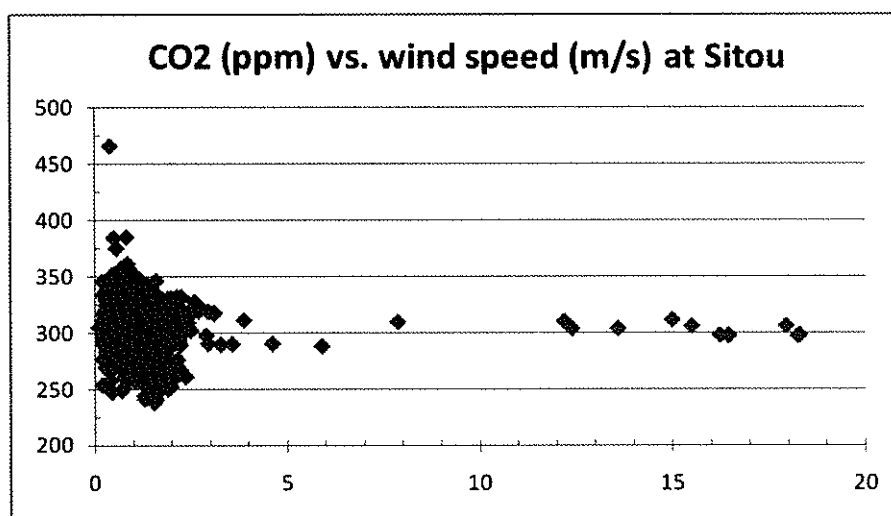
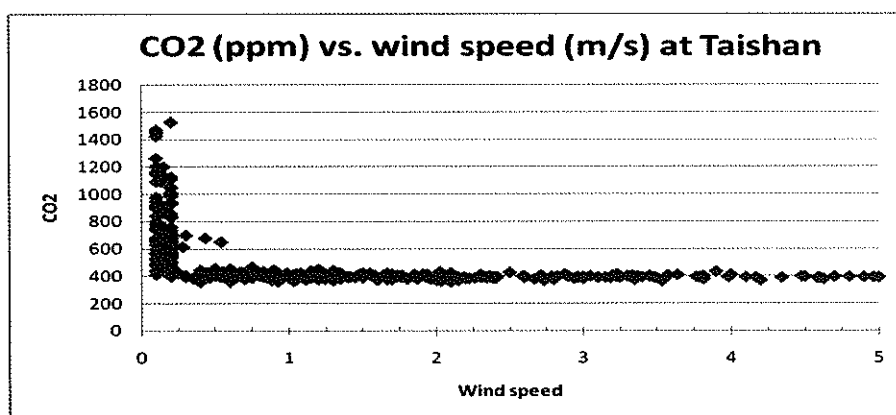


圖 7:風速與 CO₂ 濃度對應圖。上圖是泰山收費站，下圖則是溪頭營林區。