

# 近十年蘭嶼背景二氧化碳濃度分析

柳中明<sup>1</sup> 陳正改<sup>2</sup> 喬俊盛<sup>2</sup> 陳瑋蘭<sup>2</sup>

<sup>1</sup>台灣大學大氣科學系

<sup>2</sup>中央氣象局

## 摘要

蘭嶼氣象站(22°02'N, 121°33'E, 324公尺)二氧化碳監觀測始自1995年3月,至今已持續十年。經整理分析,並僅採用夜間(19pm~6am)資料,以避免白日來自沿海村落的污染影響。總計在1995年3月~2004年12月間,約有90個月的有效月平均資料,相當於整體資料的77%。同時,日本在台灣近海亦長期架設二座二氧化碳監測儀器,分別位於Hateruma(24°03'N, 123°48'E, 10m)與Yonagunijima(24°28'N, 123°01'E, 30m)。比較該二處資料與蘭嶼監測數據,可以發現其每月資料變率(=月標準差/月平均值)約在0.75%以下,而蘭嶼數據變率可達1.75%。此外,蘭嶼的月平均值相較於二站,均方根差約是低於該二站數據6.7~6.8ppm,相當於長期平均值(369~373ppm間)的1.8~1.84%。此外,若僅使用1997年1月份以後的資料(75個月),則可發現蘭嶼與各站間的月變化相關係數達0.77~0.89間。大致上,蘭嶼站在建站初期出現校正系統的調整問題,但自1997年後已可充份掌握大氣二氧化碳的季節性與長期變化。不過,考量夜間與逐日資料的變率高,以及夜間平均值較日間高約4.5ppm,則可以了解到蘭嶼附近二氧化碳濃度變化大,最主要是受到測站附近森林吸收的影響,而非是校正基準不正確(未出現均勻偏低現象),或是附近污染源影響等因素。未來建議應就此問題進行測站調整。

長期而言,全球二氧化碳濃度持續上升,2001~2002年並且出現較大的增加率,蘭嶼站的監測數據亦顯現相似結果。1997年平均濃度約為360ppm,到2004年達376.4ppmv,約增加4.6%,線性迴歸後的增加率約為每年增加2.09ppmv。同期,Hateruma、Yonagunijima、Mauna Loa與南韓南端Gosan的監測數據,則顯示約每年1.86~2.14ppmv的增加率;而由於所收集到的數據不全,僅Yonagunijima提供2004年平均濃度為380ppmv,相當於1997~2004年間增加約4.0%。若就季節性變化來觀察,則夏季的增加率較慢,其他季節則略多。

關鍵詞:大氣二氧化碳、蘭嶼背景站。

## 一、前言

我國中央氣象局自1995年3月起在蘭嶼氣象站(22°02'N, 121°33'E, 324公尺)設置大氣背景監測站,至今已持續十年,所監測的項目包括;二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、臭氧(O<sub>3</sub>)、一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO<sub>2</sub>)、二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、一氧化碳(CO)等,其中二氧化碳的監測儀器乃如表1所示。柳等(1999)曾分析1995年3月至1998年7月資料,指出:1995與1996年的二氧化碳監測資料,可能因為校正問題,資料偏高,建議放棄。否則,其所顯現的日變化特徵(白日低與夜晚高),應屬合理。

近年,日本氣象廳設置「世界溫室氣體資料中心」(The World Data Centre for Greenhouse Gases, WDCGG),並在網際網路上公開世界各國在大氣背景測站所監測得的溫室氣體及相關氣體資料,包括CO<sub>2</sub>、

CH<sub>4</sub>、CFCs、N<sub>2</sub>O、CO、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、VOC等。該中心在組織上乃隸屬「世界氣象組織」(World Meteorological Organization, WMO)下的「世界大氣監測」(Global Atmosphere Watch, GAW)計畫。如此,本研究乃可取得日本Hateruma與Yonagunijima、美國Mauna Loa與韓國Gosan等監測站資料,以進行測站比對研究。

## 二、背景大氣二氧化碳之比對

蘭嶼氣象站(22°02'N, 121°33'E, 324公尺)二氧化碳監觀測始自1995年3月,至今已持續十年。所採用的設備是Siemens Ultramat 5E二氧化碳連續監測儀,測定原理為非散射性紅外光技術(NDIR; Non-Dispersive InfraRed sensing),每十秒可擷取一次資料,資料存取則以小時平均值為主。每週二次

跨距(span)校正，每日凌晨進行1小時完全自動零點及跨距校正，校正參考氣體源自美國國家標準和科技機構(NIST; National Institute of Standards and Technology)的標準參考物質(簡稱SRM)。此外，每3個月或儀器重大故障修復後，會執行含零點共5點的校正流程，以確定儀器準確性。總計在1995~2004年間，因為颱風影響、電力中斷、採樣管斷裂、儀器維護、資料蒐集器當機、冷氣機故障、儀器故障送修等因素，共約缺漏116天資料，相當於整體資料的3.3%。此外，每日僅採用夜間(19pm~6am)資料，並參考美國NOAA CMDL的作法，去除掉當夜監測資料的變率超過1%的數據，結果竟有796天資料被去除，相當於整體資料的22%。爾後再進一步計算各月平均濃度，並要求每月必須有20天以上的資料，如此又去除掉409天數據。總計在1995年3月~2004年12月間，約有90個月的有效月平均資料，相當於整體的77%。

日本在台灣近海亦長期架設二座二氧化碳監測儀器，位於日本 Hateruma (24° 03' N, 123° 48' E, 10m) (參考圖 1)，所採用的設備是 NDIR Shimadzu URA 207，與 Yonagunijima (24° 28' N, 123° 01' E, 30m) (1997年1月以來)，所採用的設備是 NDIR HORIBA Ltd. VIA-510R。韓國 Gosan (33° 17' N, 126° 10' E, 72m)，所採用的設備是 NDIR Siemens Ultramat 5F，校正氣體來自 SIO (Scripps Institution of Oceanography)。此外，美國 Mauna Loa (19° 32' N, 155° 35' W, 3397 m) 測站，除採用 NDIR Siemens Ultramat 3 外，亦使用玻璃抽濾罐 (glass flask)，每週抽取一次大氣樣本，進行比對。

表1詳列1995~2004年間，蘭嶼、日本 Hateruma 與 Yonagunijima、美國 Mauna Loa 與韓國 Gosan 等測站之月平均二氧化碳濃度(圖 2a)的長期平均值、與蘭嶼的相關係數、相對於蘭嶼的均方根差 (rmsd) 及 rmsd 與平均值的百分比值等。明顯地，蘭嶼站資料較各站為低。比較蘭嶼站資料與日本二處資監測數據，可以發現其每月資料變率(=月標準差/月平均值)約在0.75%以下，而蘭嶼數據變率可達1.75%，均方根差約為6.71~6.80，相當於長期平均值(369~373ppm)的1.8~1.84%。同時，與各站的月際相關性並不佳，相關係數介於0.32~0.89，其中 Yonagunijima 的監測始自1997年，與其相關性最佳。延續柳等(1999)的想法，若刪除1995~1996年間資料，則蘭嶼站的CO<sub>2</sub>月變化與多站同步，相關係數介於0.62~0.89。但是，蘭嶼站資料仍較各站為低。原則上，緯度高則二氧化碳濃度高，不過其差距僅與長期平均值如 Gosan 站相距2.25%。

表2整理1997~2004期間，蘭嶼、日本 Hateruma 與 Yonagunijima、美國 Mauna Loa 與韓國 Gosan 等測站之二氧化碳濃度的四季與年平均價值與其變化趨勢

(ppmv/year)，冬春高與夏秋低的現象非常明顯。原則上，夏日白日長，光化反應充裕，二氧化碳濃度偏低，冬季則反之。此外，長期而言，全球二氧化碳濃度持續上升，2001~2002年並且出現較大的增加率，蘭嶼站的監測數據亦顯現相似結果(圖 2b)。1997年平均濃度約為360ppm，到2004年達376.4ppmv，約增加4.6%，線性迴歸後的增加率約為每年增加2.09ppmv。同期，Hateruma、Yonagunijima、Mauna Loa 與南韓南端 Gosan 的監測數據，則顯示約每年1.86~2.14ppmv的增加率；而由於所收集到的數據不全，僅 Yonagunijima 提供2004年平均濃度為380ppmv，相當於1997~2004年間增加約4.0%。若就季節性變化來觀察，則夏季的增加率較慢，其他季節則略多。

### 三、討論

蘭嶼站在建站初期或許尚有儀器初轉與校正系統上線的適應問題，但自1997年後已可充份掌握大氣二氧化碳的季節性與長期變化。不過，考量夜間與逐日資料的變率高，以及夜間平均值較日間高約4.5ppm，則可以了解到蘭嶼附近二氧化碳濃度變化大，最主要是受到測站附近森林吸收的影響，而非是校正基準不正確(未出現均勻偏低現象)，或是附近污染源影響等因素。未來建議應就此問題進行測站調整。

### 致謝

本研究是在國科會 NSC 93-2119-M-002-014 支持下完成。作者們感謝中央氣象局提供蘭嶼背景監測站資料，以及「世界溫室氣體資料中心」(The World Data Centre for Greenhouse Gases, WDCGG)提供相關監測資料。

### 參考文獻

柳中明、張修武、劉紹臣，1999：蘭嶼背景大氣監測初析。《大氣科學》，27，99-130。

表 1：蘭嶼、日本 Hateruma 與 Yonagunijima、美國 Mauna Loa 與韓國 Gosan 等測站之二氧化碳濃度在 1995~2004 與 1997-2004 期間的長期平均值、與蘭嶼的相關係數、相對於蘭嶼的均方根差 (rmsd) 及 rmsd 與平均值的百分比值。

|                                       | Lanyu | Hateruma | Yonagunijima | Mauna Loa | Gosan |
|---------------------------------------|-------|----------|--------------|-----------|-------|
| 1995~2004 mean                        | 366.8 | 368.7    | 373.0        | 367.8     | 371.4 |
| Lanyu<br>*correlation<br>coefficient* | 1     | 0.32     | 0.89         | 0.34      | 0.57  |
| #rmsd                                 | -     | 6.80     | 6.71         | 6.06      | 8.49  |
| rmsd/mean (%)                         | -     | 1.84     | 1.80         | 1.65      | 2.29  |
| 1997~2004 mean                        | 366.8 | 370.5    | 373.0        | 369.6     | 373.2 |
| Lanyu<br>*correlation<br>coefficient  | 1     | 0.77     | 0.89         | 0.62      | 0.85  |
| #rmsd                                 | -     | 6.84     | 6.71         | 5.69      | 8.36  |
| rmsd/mean (%)                         | -     | 1.86     | 1.80         | 1.55      | 2.25  |

\*: correlation coefficient between the monthly-mean CO<sub>2</sub> measured at Lanyu and that at each different station.

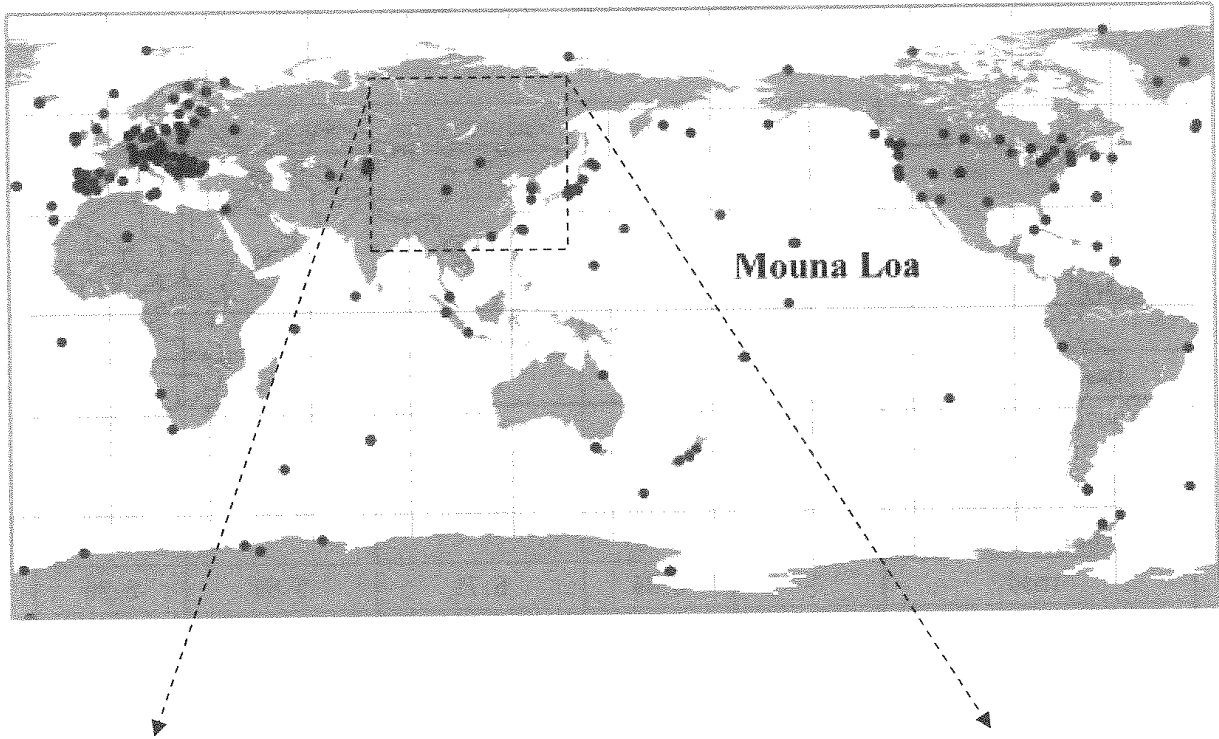
#: rmsd represents the root mean square difference between the monthly-mean CO<sub>2</sub> measured at Lanyu and that at each different station.

表 2：蘭嶼、日本 Hateruma 與 Yonagunijima、美國 Mauna Loa 與韓國 Gosan 等測站之二氧化碳濃度在 1997-2004 期間，四季與年平均值與其變化趨勢 (ppmv/year)。

|                      |        | 1997~2004 |          |              |           |       |
|----------------------|--------|-----------|----------|--------------|-----------|-------|
|                      |        | Lanyu     | Hateruma | Yonagunijima | Mauna Loa | Gosan |
| mean<br>(ppmv)       | winter | 369.1     | 372.0    | 373.9        | 369.0     | 375.6 |
|                      | spring | 370.3     | 372.9    | 375.6        | 371.0     | 377.3 |
|                      | summer | 363.4     | 369.1    | 371.3        | 371.1     | 369.2 |
|                      | autumn | 365.2     | 368.1    | 370.6        | 367.4     | 370.4 |
|                      | year   | 366.8     | 368.7    | 373.0        | 367.8     | 371.4 |
| trend<br>(ppmv/year) | winter | 2.12*     | 1.74*    | 1.95*        | 1.63*     | 2.06* |
|                      | spring | 2.06*     | 1.85*    | 2.06*        | 1.68*     | 1.76* |
|                      | summer | 1.94      | 1.72*    | 1.84*        | 2.15*     | 1.26  |
|                      | autumn | 2.13      | 2.01*    | 2.00*        | 1.96*     | 1.52  |
|                      | year   | 2.09*     | 1.88*    | 1.97*        | 1.86*     | 2.14* |

\*: 95% significance level

(a)



(b)

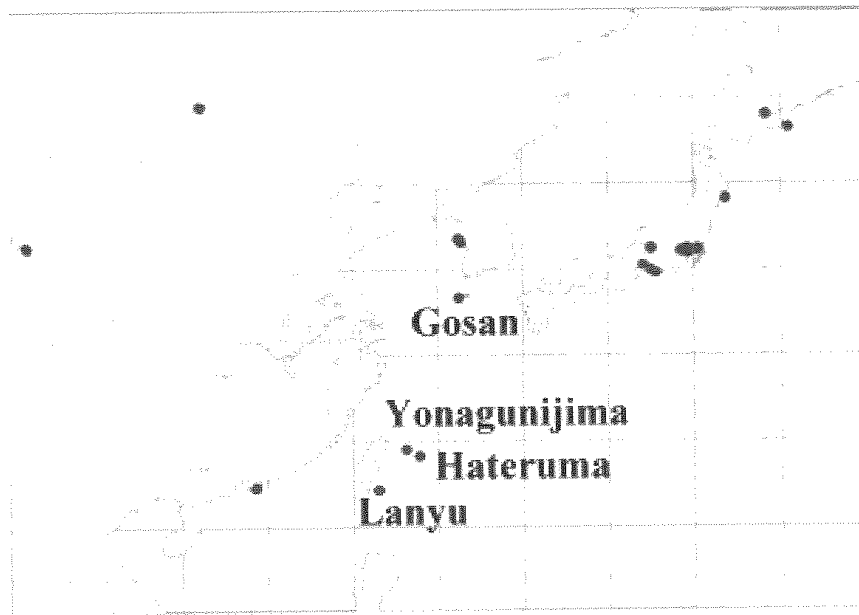


圖 1：(a)「世界溫室氣體資料中心」(The World Data Centre for Greenhouse Gases, WDCGG)所顯示之全球溫室氣體監測站位置，(b)我國蘭嶼(Lanyu)與日本 Hateruma、Yonagunijima、韓國 Gosan 等測站之地理位置。

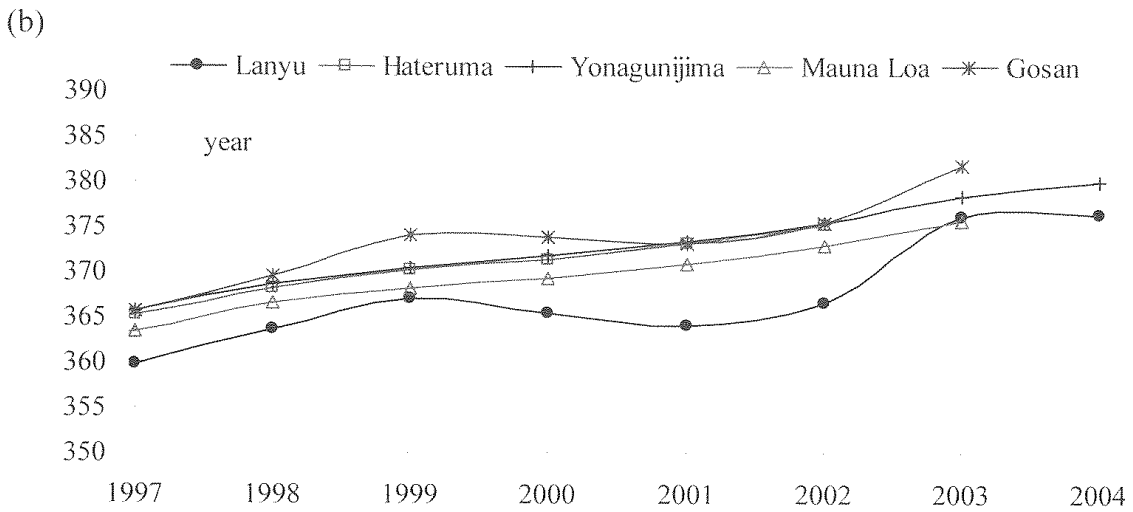
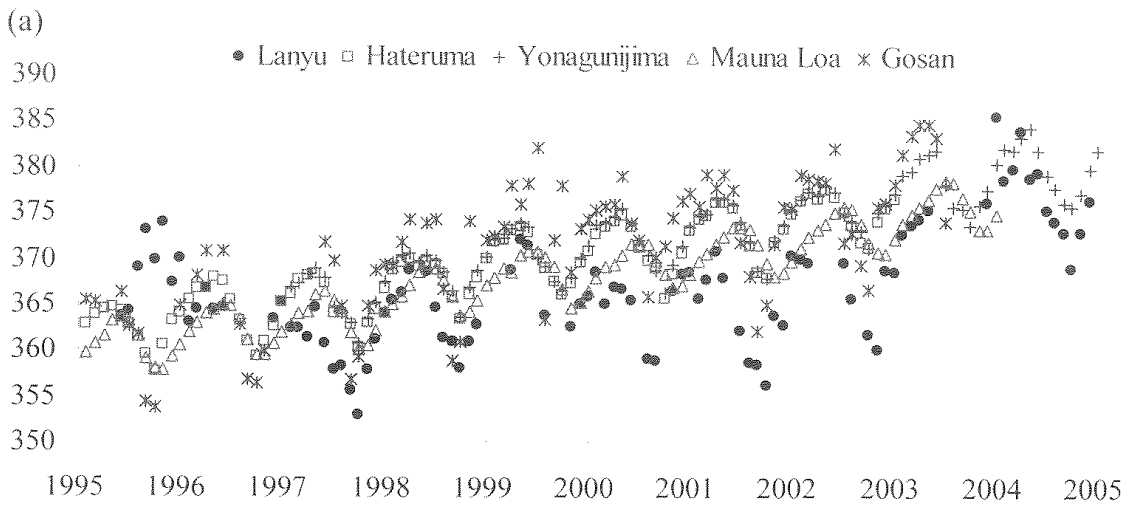


圖 2: 蘭嶼、日本 Hateruma 與 Yonagunijima、美國 Mauna Loa 與韓國 Gosan 等測站之二氧化碳濃度在(a)1995-2004 期間的月平均濃度變化，與(b)1997-2004 年間的年平均濃度變化。