

# 西部太平洋域の自由対流圏における微量気体の変動

松枝秀和 澤 庸介(地球化学研究部)

## 1. はじめに

大気中における二酸化炭素などの微量気体の変動は、将来の気候変動を引き起こす重要な要因である。産業革命以後、人類活動によって大気微量気体の濃度が急激に増加してきたことが氷床コアの測定などから明らかになってきた。最近では、アジアの経済発展に伴う影響が、大気微量気体組成の変化を大きく加速していることが多くの研究によって指摘されている。従って、アジアの人類活動による大気化学環境の変化を評価することが重要な研究課題の一つになってきた。

西部北太平洋域は、アジア大陸から放出される汚染気塊の影響を最も強く受ける地域である。この地域は、強い偏西風帯に位置しており、アジアの影響が自由対流圏を通して急速に地球規模に伝播していると考えられている。しかしながら、自由対流圏の変動に関しては、これまで断片的な観測データしか得られていない。

本研究では、西部太平洋域の自由対流圏における微量気体変動とそれを支配する要因を解明することを目的として、航空機や富士山頂観候所を利用して系統的な観測データを収集し、その詳細な解析を行った。

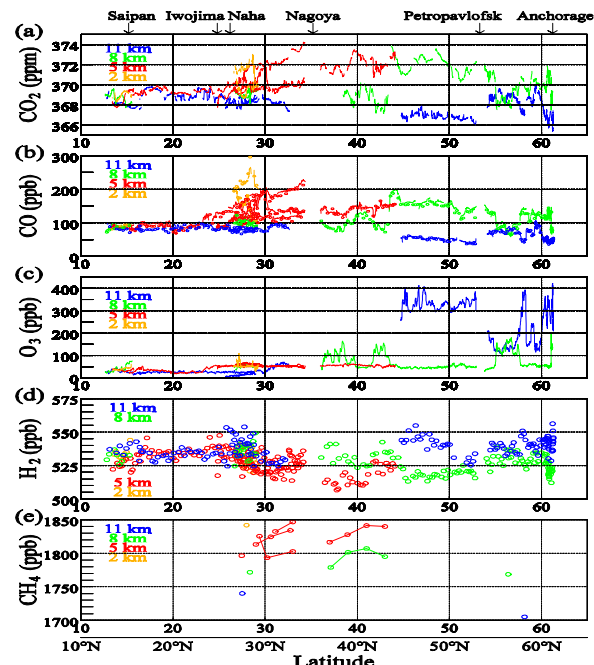
## 2. 観測データと解析結果

### 2.1. 航空機キャンペーン観測

西部北太平洋域の微量気体分布を総合的に観測するため、2000年2月に航空機によるキャンペーン観測(PACE-7)を実施した。この観測では、南はサイパンから北はペテロハパロフスクロ経由でアンカレッジに到る北緯15度から60度までの広域において、様々な微量気体成分の緯度及び高度分布の概要を把握することができた(第1図)。

PACE-7の観測結果で最も注目すべき点は、北緯30度前後の緯度帯において一酸化炭素(CO)や二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の濃度が時空間的に大きく変動していることが観測されたことである。この時の微量気体組成比やトラジェクトリー解析の結果から、アジア大陸からの人為発生源が中緯度帯の激しい変動に強い影響を与えていることが判明した(Sawa et al., 2004)。これに対して、北緯25度以南の低緯度帯では、COやCO<sub>2</sub>の濃度変動がほとんどなく、アジア大陸からの影響が比較的小さい領域であった。一方、北緯40度以北の高度8km以上では、成層圏と対流圏交換の影響により、すべての微量気

体濃度が連動して大きく変動していることが認められた。



第1図 航空機観測による微量気体の緯度・高度分布

### 2.2. 富士山頂の観測

高所の山岳観測所は、自由対流圏の連続データを長期にわたって収集できる唯一のプラットフォームである。特に、富士山は3776mの高度で、しかも孤立峰であることから中部対流圏の代表的なデータを得るのに最も適した観測点と言える。

富士山頂では、2000年9月より本格的にCO濃度の連続観測を開始した(第2図)。観測データには、バックグラウンド大気の濃度を反映した明瞭な季節変動が捉えられていた。これは、ハワイのマウナロア山で観測された季節変動と良い一致を示した。一方、富士山の観測で最も興味深い特徴としては、数日から1週間程度の短い間隔でCO濃度が顕著に増加する現象が見出されたことであった。COの濃度上昇はピーク時に400ppb近くまで達することもあり、予想を上回る大きな上昇が見られた。これら短周期の濃度増大の現象は、冬から春にかけて頻発していることがわかった。

COの短周期変動は、同時に観測されたCO<sub>2</sub>濃度の上昇と連動していた。この時のCO/CO<sub>2</sub>組成比を解析した結果、化石燃料起源の他に、森林火災などのバイオマス燃焼起源のCOが寄与している場合も認められた。また、トラジェクトリー解析の結果、中国の人為発生源の影響を受けた汚染気塊の

本研究は、経常研究「気候変動に係わる大気化学組成の長期的変動とそのアジア大陸からの影響に関する研究(H12-16)」の一環として行われた。主任研究者:松枝秀和、研究担当者:吉川久幸(H12-13)、石井雅男、時枝隆之、広瀬勝己、青山道夫、五十嵐康人、斉藤秀、伏見克彦(H12)、廣田道夫、林和彦(H12-13)、根元和宏(H12-13)、澤庸介(H14-)、和田晃(H14-)、篠田佳宏(H15-)。

他に、東南アジアやインドなどの南アジア方面の空気塊も長距離輸送されていることが示唆された。さらに、2003年5月にはCOの異常上昇が観測され、シベリアの森林火災の影響が富士山頂まで及んでいることを明瞭に捉えた。

これらの観測データと解析結果に基づいて、3次元の全球輸送モデルを用いた地域別放出実験を実施し、東アジアの様々な地域の発生源の影響をほぼ定量的に評価することができた。

### 2. 3. 定期航空機観測

これまでデータの空白域であった上部対流圏の微量気体の分布と変動が、1993年以来継続して実施している日本航空の定期旅客機を利用した長期間観測(JAL観測)によって次第に明らかになりつつある(Matsueda et al. 2002)。

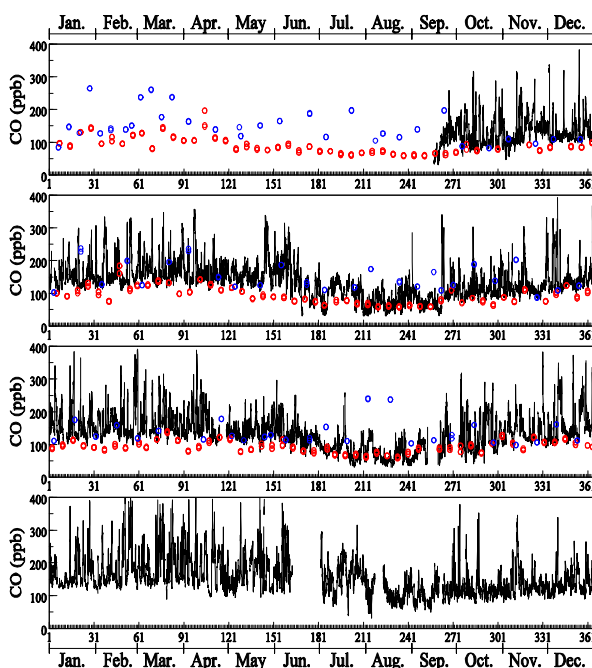
JAL観測では、毎月2回の頻度で豪州と日本を結ぶ定期旅客便を利用して、緯度幅5度毎に高度約10kmの空気試料を採取し、微量気体濃度を精密に測定してきた。過去11年の継続した観測により、西部太平洋上の南北両半球におけるメタン( $\text{CH}_4$ )濃度の季節変動をほぼ把握することができた(第3図)。平均的な季節変動のパターンは緯度帯によって変化しており、地球規模でのメタン発生源の地理的分布や上部対流圏への輸送過程を反映していることがわかってきた。

メタンの長期データに興味深い特徴の一つとして、北半球の北緯30度から15度の西部北太平洋上空において、7、8、9月の夏期に濃度の変動が極めて大きいことが見出された。これは、季節変動よりも短い周期のメタン濃度の変動が夏期に頻発していることを反映している結果であった。同時に観測しているCOとの対応関係から、 $\text{CH}_4/\text{CO}$ 組成比を検討した結果、 $\text{CH}_4/\text{CO}$ 比が夏期に大きく上昇することがわかった。このことは、燃焼起源のメタンではなく、還元環境下で生成する微生物起源のメタンの寄与を示すものであった。従って、アジア大陸の水田、家畜及び湿地帯から放出されるメタンが強い影響を与えているものと考えられた。3次元の輸送モデルの結果を検討してみると、夏期の上部対流圏には南アジアからの流入空気塊が増大することが示されており、インドを中心とした南アジア地域からの影響を強く示唆するものであった。

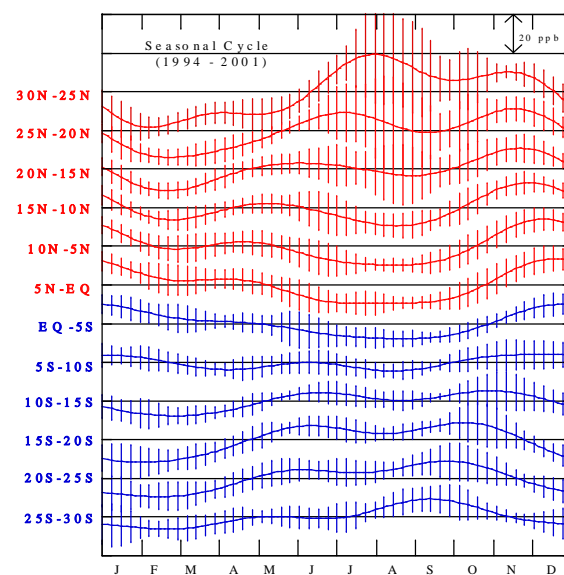
### 3. 結論

西部北太平洋の自由対流圏では、アジア大陸の様々な発生源によって短周期の微量気体の濃度変動が起こっていることが観測された。その変動を引き起こす偏西風帯アウトフローには、中国の放出源とともに、南アジア、シベリア、東南アジアなどの広い地域からの寄与も含まれていることがわかった。今後、西部北太平洋の大気化学環境変動を監視する上

で、アジア地域全域を対象とした微量気体発生源の変化と影響を総合的に評価することが必要であろう。



第2図 富士山頂におけるCO濃度の連続観測の結果



第3図 定期航空機観測によるメタンの季節変動

### 参考文献

- Sawa et al. 2003: Aircraft observation of  $\text{CO}_2$ , CO,  $\text{O}_3$  and  $\text{H}_2$  over the North Pacific During the PACE-7 campaign, Tellus., 56B, 2-20.
- Matsueda et al. 2002: A large impact of tropical biomass burning on CO and  $\text{CO}_2$  in the upper troposphere, Science in China, 45, 116-125.