

CONTRAILプロジェクト

—大型旅客機による地球規模の温室効果ガス観測—

○松枝秀和, 澤庸介, 丹羽洋介(海洋・地球化学研究部), 町田敏暢(国立環境研究所)

1. はじめに

地球温暖化は人類が直面する最も深刻な課題の一つである。温暖化に伴い、大雨や大型台風の増加が予測されており、防災面においても深刻な影響をあたえようと考えられている。現在、大気中のCO₂濃度は人類活動の増大によって上昇の一途を辿っているが、詳細な挙動(地域間でのCO₂交換量が変動するメカニズムや、どの程度大気中のCO₂増加をコントロールしているのか等)は現状では十分に解明されていない。この「炭素循環」問題を解決するため、全世界の気象機関や研究機関が協力して、地球規模の温室効果ガスの観測が展開されて、世界中のデータが日本の気象庁を通じて集約・公開されている。

全世界の地上の温室効果ガスの観測所は100地点以上あり、船舶による観測も実施されている。一方、観測専用機や気球で得られた上空のデータは非常に少なく、観測の空白域となっていた。そこで、気象研究所は、24時間休みなく定期的に世界の空を飛行し、観測に最も適した航空機である大型旅客機を利用して、未解明の上空の温室効果ガスの挙動を解明する研究を世界に先駆けて着手した。

観測装置の搭載に対する厳しい制約条件を克服して、日本航空(JAL)の大型旅客機による観測を平成5年4月から開始した。その後、平成17年からは国立環境研究所と共同で開発した革新的観測装置を用いたCONTRAIL(コントレイル)プロジェクトへと引き継がれている。この間、20年に及ぶ貴重な観測データが収集され、現在も継続されている。本報告では、旅客機観測用の装置開発と、それによって明らかになってきた上空の観測結果のトピックスを紹介する。

2. 観測装置と観測空域

2. 1. 観測装置

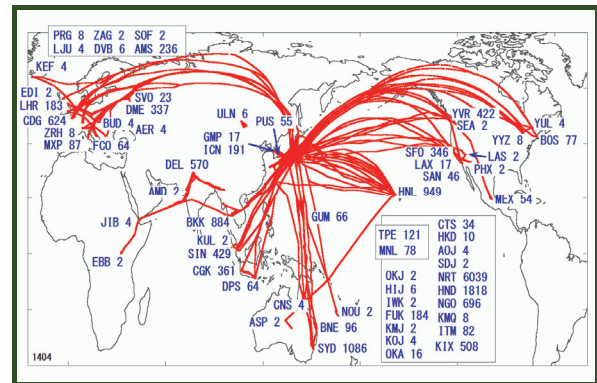
CONTRAILによる温室効果ガスの観測には、上空の空気をボトルに詰めて実験室で測定する自動大気採取装置(ASE)と、測定器を搭載して機上でCO₂を直接測定する自動CO₂連続測定装置(CME)を併用し、研究を進めている(Machida et al., 2008)。

旅客機で観測を行うにあたって、搭載スペース面、運用面、安全面での様々な制約があり、最先端の技術を導入した上で、研究者と航空機エンジニアが共同で開発することで初め

て、①貨物室の壁の隙間に設置可能な小型化・軽量化、②搭乗乗務員による操作の必要のないコンピューターで自動制御した運用、③極めて厳しい様々な耐空性試験の繰り返し実施による米国と日本双方の航空局からの安全性の証明の取得、の3点を満たす装置の開発に成功した。

2. 2. 観測空域

現在、JAL国際線で運航されているボーイング777-200ER型の大型旅客機を8機改造し、ヨーロッパ・ロシア、アジア・オセアニア、北米の航路を中心として地球規模の観測を実施している(第1図)。平成17年11月から開始されたCME観測では、約9千フライトで500万個以上の膨大な上空のCO₂データが収集されてきた。一方、ASEによる観測は平成5年から豪州航路の約10kmの巡航高度で、毎月2回の頻度で継続されている。ASE観測ではCO₂以外に、メタン(CH₄)、一酸化炭素(CO)、一酸化二窒素(N₂O)、六フッ化硫黄(SF₆)などの多種類の微量気体の長期観測記録も得られている。



第1図: 観測航路図。

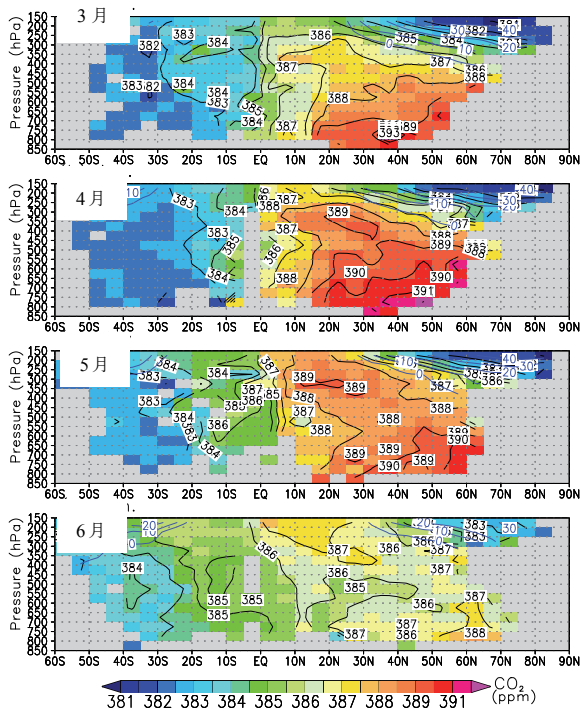
3. 観測結果

3. 1. 二酸化炭素(CO₂)

第2図は、西部太平洋上の南北両半球にわたるCO₂濃度分布(緯度-気圧断面)の季節変化である(Sawa et al., 2012)。

3月から5月の春季には、土壌から放出されるCO₂によって、北半球中高緯度の下層でCO₂濃度が大きく上昇し、徐々に上空へと広がっていく。6月頃からは、北半球上空に運ばれたCO₂が、赤道上空を越えて素早く南半球へと流れ込む様子が描き出された。一方、この時期には、北半球上空のCO₂が低緯度から高緯度の下部成層圏へと急速に侵入して行く流れも

捉えられている。このようなCO₂の大循環は、CME観測による空港の上昇下降時に高度分布を測定できるようになり、初めて明らかになってきた。旅客機観測で得られたデータは、コンピューター・シミュレーションによる地球規模のCO₂発生・吸収源の評価を向上させる上で極めて有効であることも分かってきた(Niwa et al., 2012)。また、世界の多くのシミュレーション・モデルや衛星観測の検証に我々のデータが広く利用されている。



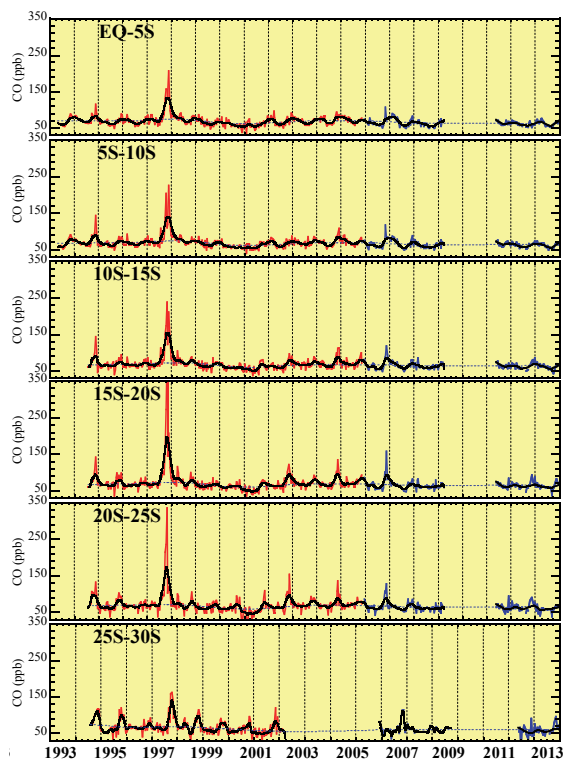
第2図: 3月から6月のCO₂濃度分布(緯度-気圧断面)変化。

3. 2. 一酸化炭素(CO)

次に、ASE観測によって得られた南半球上空のCOの長期観測結果を第3図に示す。

大気中のCO濃度の変動は、主に人類活動による燃焼発生源によって生じることが多く、当初、南半球上空では大きな濃度変化がないと考えられていた。ところが、平成9年10月頃に南半球上空に異常なCO濃度の上昇が観測された(Matsueda et al., 1999)。これは、この年に起こったインドネシアの大森林火災によって多量のCOが放出され、熱帯の強い上昇流で高度10kmまで迅速に運ばれた結果であることが分かった。また、濃度上昇は小さいが、毎年10月頃に南半球でCOの濃度が上昇し、1月頃に低下する変化が見られた。この現象は、エル・ニーニョ現象の発生による乾燥化と密接な関係があることがわかった。森林火災は、南米アマゾン、南部アフリカの熱帯域やシベリアでも毎年発生しており、CO₂の発生源としても重要である。CO₂の発生が、気候変動に伴い変化することを示しており、将来、温暖化に伴う気候変動によって、

温室効果ガスであるCO₂の発生が増加し温暖化に拍車をかける可能性を示唆する結果であるとも言える。



第3図: 南半球上空のCO濃度の時間変動。

4. おわりに

温室効果ガスは、地球温暖化の原因物質でありながら、これまで時空間的に詳細な変動はわかっていなかった。今回、航空機を用いた観測の結果、その濃度がダイナミックに変動していることがわかってきた。今後は上空の温暖化監視と研究の発展を担う重要な観測手段として、その活用が益々広がるものと期待される。

参考文献

- Machida, T., et al., 2008: Worldwide measurements of atmospheric CO₂ and other trace gas species using commercial airlines, *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **25**, 1744-1754.
- Sawa, Y., et al., 2012: Aircraft observation of the seasonal variation in the transport of CO₂ in the upper atmosphere, *J. Geophys. Res.*, **117**, D05305, doi:10.1029/2011JD016933.
- Niwa, Y., et al., 2012: Imposing strong constraints on tropical terrestrial CO₂ fluxes using passenger aircraft based measurements, *J. Geophys. Res.*, **117**, D11303, doi:10.1029/2012JD017474.
- Matsueda, H., et al., 1999: Large injection of carbon monoxide into the upper troposphere due to intense biomass burning in 1997, *J. Geophys. Res.*, **104**, 26867-26879.