

プログラム - 2

衛星データを利用した対流圏・成層圏の物質輸送過程に関する研究： GOSAT FTS TIR Ver. 01.00 データの全球規模解析の初期結果

○江口菜穂¹、齋藤尚子²

1：九州大学 応用化学研究所, 2：千葉大学 環境リモートセンシング研究センター

1. はじめに

GOSAT (Greenhouse gases Observing SATellite: 温室効果ガス観測技術衛星)の主センサーである TANSO FTS (Thermal And Near infrared Sensor for carbon Observation Fourier Transform Spectrometer)の熱赤外域 (Thermal InfraRed: TIR) スペクトルより、二酸化炭素とメタンの鉛直濃度プロファイルデータが導出され、Level 2 (L2) プロダクトとして昨夏 (2014.7月) より一般に公開されている。

本発表では、FTS TIR L2 Version 01.00 (Ver.01) の二酸化炭素 (CO₂)、メタン (CH₄) の鉛直プロファイルデータを用いて、全球のCO₂、CH₄の季節変化と鉛直分布について調べた初期解析結果を報告する。

本研究は、千葉大学 CeRES 共同研究の研究課題として、多種類の衛星観測データより導出された、自由対流圏では長寿命である微量気体データを用いて、対流圏から成層圏に至る成層圏-対流圏間交換過程を介した物質循環を明らかにすることを最終目的としている。

2. データ: 処理方法と特徴

FTS TIR L2 Ver.01 CO₂、CH₄鉛直プロファイルデータを用いた。対象とした気圧面は、対流圏下層 735 hPa、対流圏中層 464 hPa、対流圏上層 273 hPa と 161 hPa である。(リトリバル手法の詳細は、Saitoh et al. [JGR, 2009] および Ver.01 留意事項説明資料を参照。) 航空機観測との比較結果からは、CO₂は対流圏中層ではおよそ3-5 ppmv、対流圏上層および成層圏下層ではおよそ1-3 ppmv [Saitoh et al., in preparation], CH₄は-5±15 ppbv (ただし、Version 00.01の結果 [Saitoh et al., SOLA, 2012])の差である。

解析期間は 2010 年 1 月から 12 月。L2 データから毎日に5度のグリッドデータを作成した。各グリッド内のデータの月平均数は、昼間が15 個、夜間が24個であった。月最大個数の平均値は90~140個であった。海上サンプリング域の観測頻度が多い。地表面状態の違いがわかり易いよう、陸域、海域、陸海混合域毎、および、昼間/夜間を別にして解析を行った。

Ver.01では、ほとんどのCO₂のDOFが1を超えていたが、CH₄のDOFは1を超える事例が少ないため (熱真空気試験時の低いSN値を厳密に適用したことにより、前バージョン (Ver.00.01) より相対的に観測情報が取り込まれなくなったため)、すべてのデータを使用した。CO₂のDOFは、夜間よりも昼間の値の方が高く、また高緯度 (60 度以北、以南) や雲高頻出域で、値が低い特徴がみられる。図1より、CH₄のDOFが1以上の場所は昼間の砂漠域に主としてみられ、それ以外の低緯度では、0.6~0.7 の値であった。なお、V00.01の夜間の雲スクリーニングに問題があり、雲高頻出域 (特に低緯度域) で夜間のデータがほとんど提供されていない点は改善されている。

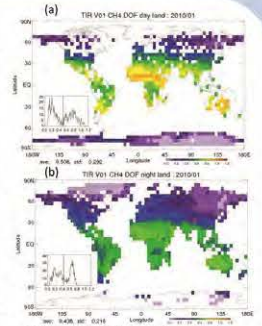


図1: CH₄自由度 DOF の水平分布。2010年1月。(上段) 昼間、(下段) 夜間。白抜きは欠損。

3. 昼夜間コントラスト

図2aより、CO₂の735hPaでは、砂漠域を除いて、昼夜の違いが±2ppmv (平均絶対値の約0.5%) 以下で、237hPaでは、±0.6ppmv (約0.15%) 以下であった。また、図3aの緯度気圧断面から、下層から中層の北半球低緯度で昼夜の差が大きいのがわかる。この原因を探るため、低緯度の夜間の熱赤外スペクトルを用いた雲スクリーニングの妥当性について同時に調査する必要があると思われる。また昼夜の月平均値の散布図より (図4a)、対流圏下層 (735hPa) の陸上と混合域で相関が悪いのを除けば、海上と対流圏上層 (237hPa) では相関が良い。これは陸上では日変化が卓越するのに対して、海上ではその変化が小さいことを反映している。

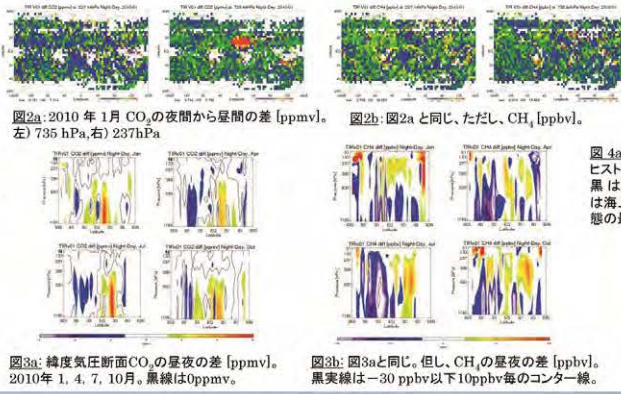


図2a: 2010年1月 CO₂の夜間から昼間の差 [ppmv]。図2b: 図2aと同じ、ただし、CH₄ [ppbv]。図3a: 緯度気圧断面CO₂の昼夜の差 [ppmv]。図3b: 図3aと同じ、但し、CH₄の昼夜の差 [ppbv]。図4a: CO₂の昼夜間の散布図 (月平均値)と昼/夜間のヒストグラム。(上段) 237 hPa、(下段) 735 hPa。赤/青/黒はそれぞれ陸上、海上、混合域を表す。ヒストグラムは海上の最頻値で規格化してある。図中に各地表面状態の最頻値の個数を示す。

CH₄についてみても (図2b,3b,4b)、対流圏上下層とも、昼夜の違いが±20ppbv (約1%) 以内であった。高度別では、北半球の対流圏中層で夜間がCH₄の値が高く、一方対流圏下層の南半球側で昼間が高いといった特徴がみられた。地域的には、南米と海洋大陸域上でやや差があるように思う。

4. 季節変化

CO₂についてみると (図5a)、対流圏下層 (735hPa) で季節進行は a priori と同じであるが、低緯度でリトリバル値が低く、それ以外の緯度帯では高い傾向にあった。上層の 237hPa では、季節進行が a priori と異なるが、161hPa では同じであった。また低緯度でリトリバル値が高く、それ以外で低い傾向になり、下層と逆の特徴を示した。237hPa のリトリバル値は 161hPa にみられるように赤道対照的な構造となっており、成層圏的な緯度分布となっていることがわかる。これは水平分布 (図6a) にもみられている。

CH₄についてみると (図5b)、対流圏下層 (735hPa) と対流圏上層 (161hPa) で季節進行は a priori と同じであるが、735hPa では北半球中緯度夏季を除いて、リトリバル値が高く、161hPa では低緯度程度リトリバル値が高い傾向にあった。対流圏上層 (237hPa) では、緯度方向の極大値が a priori よりもリトリバル値の方が低緯度に南下している。値もリトリバル値が全緯度帯で高い値を示している。また、北半球夏季に南半球側にも極大が存在するのは、図6b (右側) で見られるように、北半球側から南半球側への高い濃度の分布がみられる影響と思われる (逆に海洋大陸域での値が小さくなっているようにも見える)。

5. 鉛直分布

図7a: CO₂ [ppmv] の緯度気圧断面図。(上段) リトリバル、(下段) a priori、2010年、1、4、7、10月。

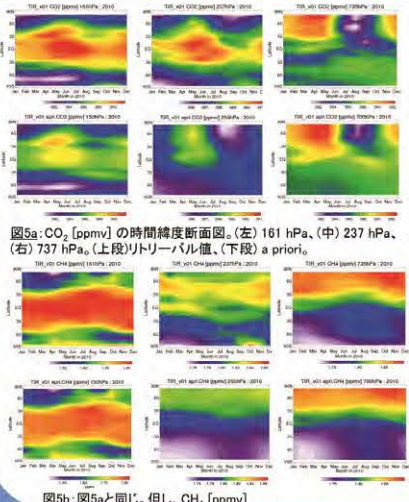


図5a: CO₂ [ppmv] の時間緯度断面図。(左) 161 hPa、(中) 237 hPa、(右) 737 hPa。(上段) リトリバル値、(下段) a priori。

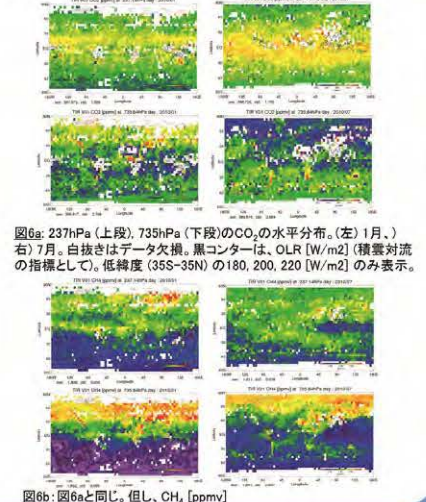


図6a: 237hPa (上段)、735hPa (下段)のCO₂の水平分布。(左) 1月、(右) 7月。白抜きはデータ欠損。黒コンターは、OLR [W/m²] (積雲対流の指標として)、低緯度 (35S-35N) の180, 200, 220 [W/m²]のみ表示。

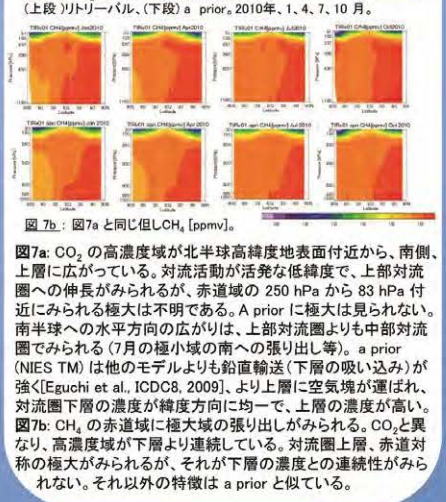


図7a: CO₂ の高濃度域が北半球高緯度地表面付近から、南側、上層に広がっている。対流活動が活発な低緯度で、上部対流圏への伸長がみられるが、赤道域の 250 hPa から 83 hPa 付近にみられる極大は不明である。A priori に極大は見られない。南半球への水平方向の広がりは、上部対流圏よりも中部対流圏でみられる (7月の極小域の南への張り出し等)。a priori (NIES TM) は他のモデルよりも鉛直輸送 (下層の吸い込み) が強く [Eguchi et al., ICDC8, 2009]、より上層に空気塊が運ばれ、対流圏下層の濃度が緯度方向に均一で、上層の濃度が高い。図7b: CH₄ の赤道域に極大域の張り出しがみられる。CO₂ と異なり、高濃度域が下層より連続している。対流圏上層、赤道対称の極大がみられるが、それが下層の濃度との連続性がみられない。それ以外の特徴は a priori と似ている。

6. 考察:

上部対流圏においては、CH₄は対流圏発域での上層への鉛直輸送とそこから赤道側への水平輸送が連続的にみられていたが、CO₂に関しては、孤立した極大域がみられていた。特にCO₂の237hPa (上部対流圏) では、リトリバル結果と a priori

では、それぞれ成層圏的な特徴と対流圏的な特徴を持っていた。観測的にもこの気圧面は成層圏的な性質が始まる高度と一致しているが、今後、CH₄と合わせて詳細な解析をすることで、鉛直・水平輸送によるそれぞれの微量気体成分の変動が理解されることが期待される。

7. 参考文献

Eguchi et al., Comparison analysis of CO₂ simulation between NIES Transport Model and GEOS-5 for GOSAT CO₂ retrieval, ICDC8, Jena, Germany, 2009
Saitoh et al., SOLA, vol.8, doi:10.2151/sola.2012-038, in press.