

上部対流圏のメタンの変動について

◎江口菜穂¹、齋藤尚子²、丹羽洋介³

¹:九州大学 応用力学研究所, ²:千葉大学 環境リモートセンシング研究センター, ³:国立環境研究所

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) プロダクトとして一般に公開されている。本発表では、FTS TIR L2 Version 01.xx (最新版) のメタン CH₄ 鉛直プロファイルデータを用いて、特に上部対流圏のメタンの季節・季節内変化と、数値モデルとの比較結果を報告する。

比較解析では、リトリバル時に a prior として使用した国立環境研の大気輸送モデル (NIES-TM; Transport Model ver.5) [Saeki et al., GMD, 2013] と非静力学全球モデル Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM)-based Transport Model (TM) [Niwa et al., JMSJ, 2011] で計算されたメタンデータを使用した。

2. データ: 処理方法と特徴

解析には、FTS TIR L2 V01.xx メタン鉛直プロファイルデータを用いた。対象とした気圧面は、主に対流圏上層の 237 hPa である。(リトリバル手法の詳細は、Saitoh et al. [SOLA, 2012] を参照。) TIR L2 V01.xx メタンデータは、他衛星や地上FTSとの比較解析でデータ質が評価されており、緯度帯や高度によるデータ質の差異が報告されている [Holl et al., AMT, 2016; Zou et al., 2016; Olsen et al., AMT, 2017]。現在、各種航空機データとの検証解析が進められており、低緯度についてはおおむね 10-15 ppb 程度で一致、北半球中緯度の夏季は若干 GOSAT のメタンが低めであることがわかっており [Saitoh et al., in preparation]。解析期間は 2010 年 1 月から 2013 年 12 月の 4 年間である。L2 データから日毎に 5 度グリッドのグリッドデータを作成し、解析に用いた。各グリッド内の L2 データの月平均数は、2~3 個であった。海上のサンプリング等の観測頻度が多いところでは、10 個以上であった。

図 1 より、自由度 (DOF: Degree of Freedom) 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た。解析では、DOF が 0.2 以上かつ、各緯度、月毎に DOF の平均値と標準偏差をとり、[平均値-標準偏差 × 2] 以上のデータを用いた (図 2)。

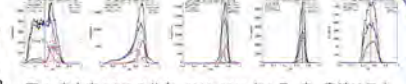


図 1: 自由度 DOF の分布。2010-2013 年 1 月。赤、青線は日中と夜間、黒線は昼夜。実線は陸上、破線は海上。縦実線は平均値、縦破線は標準偏差、縦点線は標準偏差 × 2。

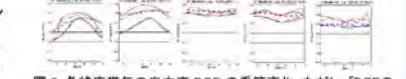


図 2: 各緯度帯毎の自由度 DOF の季節変化。ただし、[DOF の平均値-標準偏差 × 2] の分布。赤、青線は日中と夜間。実線は陸上、破線は海上、点線は混合域。

解析に有効なデータは、低中緯度(40S-40N)ではほぼ年中、高緯度では、北半球冬季の夜間のデータが解析から省かれる。

3. 水平分布と季節変化

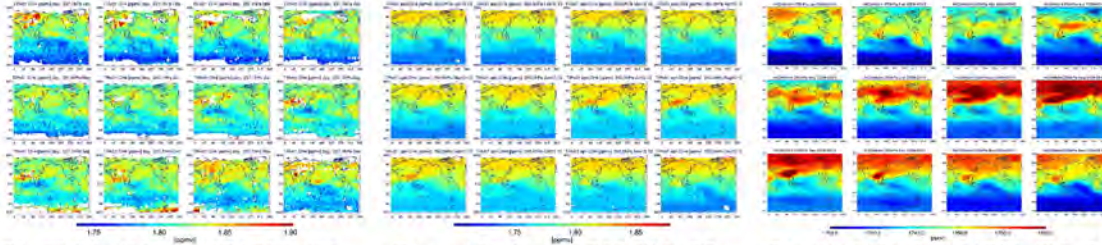


図 3a: TIR リトリバルの CH₄ [ppmv] の水平分布, 237hPa. 各月、日中。白抜きはデータ欠損。2010-2013 年平均。
 図 4: a priori の CH₄ [ppmv] の水平分布, 250hPa. 各月。
 図 5: NICAM-TM の CH₄ [ppbv] の水平分布, 250hPa. 各月。但し、2009-2013 年平均。

- ・年中、北半球の中高緯度で濃度が高く、南半球に行く程、濃度が低くなる。
- ・北半球冬季、高緯度陸上および夏季の中央・東アジア域で濃度が高い。
- ・北半球冬季から春季の南半球中部太平洋で濃度が低い、夏季から秋季は赤道インド洋から西部太平洋域にかけて濃度が低い。
- ・数値モデルと同様な傾向がみられているが、数値モデルの方が南北両半球の濃度コントラストが大きい。

昼夜の違い

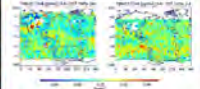


図 3b: 図 3a と同じ。ただし、昼間-夜間の濃度差。1 月と 7 月。

昼夜の違いは、約 1% 夜間の濃度が高い。高緯度陸上で夜間が高く、低緯度陸上で昼間が高い。

4. 緯度変化と年々変動

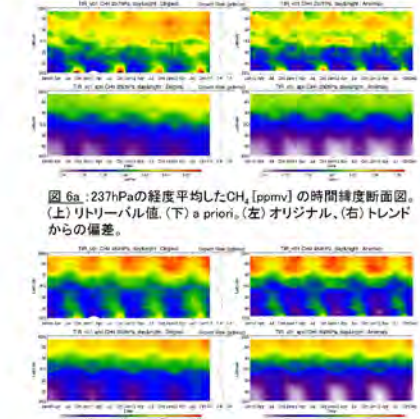


図 6a: 237hPa の緯度平均した CH₄ [ppmv] の時間緯度断面図。(上) リトリバル値、(下) a priori、(左) オリジナル、(右) トレンドからの偏差。

図 6b: 図 6a と同じ。ただし、464hPa 気圧面。

- ・季節変化は、中高緯度で明瞭。低緯度は年々変動の方が卓説しているようだ。北半球高緯度は冬季に高く、春季に低い、中緯度は、秋季から冬季にかけて濃度が高い。
- ・南半球も同様に中緯度では冬季に濃度が高い。10、11月の極大はエラ-か?
- ・対流圏中層では、中高緯度の変動がほぼ同時に起こっている。冬季に濃度高く、夏季に低くなる。
- ・トレンドの傾向は、対流圏中、上層共に亜熱帯域で高くなっている。

5. 鉛直分布

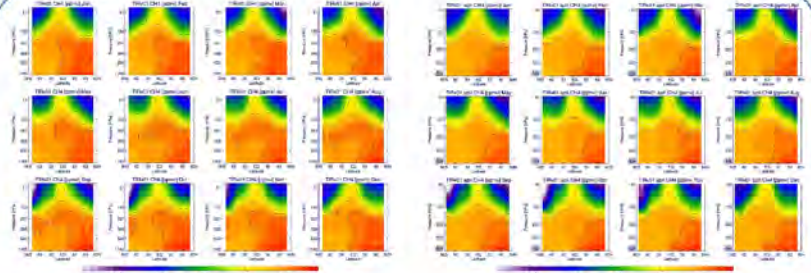


図 7: 緯度平均した TIR CH₄ [ppmv] の緯度気圧断面図。2010-2013 年平均。コンターは 0.1 [ppmv] 毎。

CH₄ の高濃度域は北半球高緯度地表付近にみられ、そこから、上層および南側に広がっている様子がみられる。対流活動が活発な低緯度で、上部対流圏への伸長および、上部対流圏での南半球への伸長がみられる。特に北半球夏季に顕著である。8~11月の南半球上部対流圏の極大は不明。

南半球への水平方向の広がりは、数値モデルの特徴と異なる。NIES TM は特に積雲による鉛直輸送の特徴が他のモデルよりも強いことが指摘されており [Eguchi et al., ICDC8, 2009]、対流圏内の特に北半球側で濃度コントラストがみられる。それ以上の成層圏との境が明瞭である。一方、NICAM-TM は上部対流圏での南半球への伸長は見られない。また成層圏も含めて、濃度が一律で、混合過程が卓越していることが示唆される。

図 8: 図 7 と同じ。ただし、a priori (NIES-TM)。

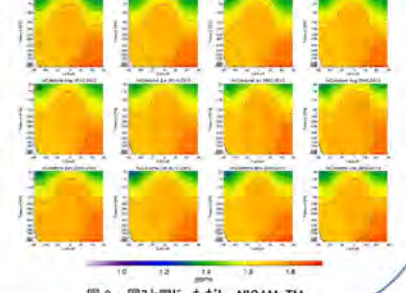


図 9: 図 7 と同じ。ただし、NICAM-TM。

6. 考察

これまでの先行研究で指摘されている、南北半球間のコントラスト、北半球夏季のシベリア、北米大陸北部での極大と季節変化の特徴がリトリバル値にみられていた。上部対流圏においては、対流圏中層での上層への輸送がみ

られているが、その北側の成層圏領域との間の壁が明瞭に見られている。また対流圏中層の南への広がりと、対流圏最下層の低濃度の信憑性を今後、確認していく。メタンは水蒸気と気温に敏感な物質であるので、これらの他の物理量と合わせて、今後解析をおこなっていく予定である。

7. 参考文献

Holl et al., AMT, 9, 1961-1980, doi:10.5194/amt-9-1961-2016, 2016
 Niwa et al., JMSJ, 89, 255-269, doi:10.2151/jmsj.2011-306, 2011
 Olsen et al., AMT, 10, 3697-3718, doi:10.5194/amt-10-3697-2017, 2017
 Saeki et al., GMD, 6, 81-100, doi:10.5194/gmd-6-81-2013, 2013
 Saitoh et al., SOLA, vol.8, doi:10.2151/sola.2012-036, 2012
 Zou et al., AMT, 9, 3567-3576, doi:10.5194/amt-9-3567-2016, 2016

謝辞: 本研究はGOSATの Research Announcement (RA) 課題として取り組んでいる。また本研究の一部は、環境省環境研究総合推進費 2-1701 (温室効果ガスの吸律量観測に向けて統合型観測解析システムの確立) の支援を受けて実施した。