

フーリエ変換型赤外分光計を用いた ポーカーフラットにおけるメタン高度分布の経年変化

丸野 浩市¹ 村田 功² 笠井 康子³ 香川 晶子⁴ 笠羽 康正¹

東北大学大学院理学研究科¹ 東北大学大学院環境科学研究科² 独立行政法人
情報通信研究機構(NICT)³ 富士通エフ・アイ・ピー⁴

1. 研究の背景と目的

メタン (CH_4) は地球温暖化物質であり、存在量は CO_2 の 1/20 程度であるものの、温暖化指数は 10-20 倍程度であり地球温暖化に対する重要性は高い[大気化学入門, D. J. ジェイコブ]。地球規模において CH_4 の大きな放出源としてシベリアにおける湿地や永久凍土・天然ガスが指摘されている。アラスカ・ポーカーフラットはこれらの放出を観測するために理想的な立地である。

本研究では、ポーカーフラットの CH_4 の経年変化を把握することを目的とした。FTIR (Fourier Transform Infrared Spectrometer) を用いて取得した中間赤外の CH_4 の太陽光背景の吸収スペクトルから CH_4 高度分布を導出し、これより下部成層圏カラムと対流圏カラムをそれぞれ求めて解析した。

2. 観測条件と解析手法

観測は情報通信研究機構 (NICT) がアラスカ・フェアバンクス郊外にあるアラスカ大学ポーカーフラット観測所 (北緯 65.11 度、西経 147.42 度) に設置している FTIR を用いて 2000-2010 年 (2006 年は観測なし) に行われた。太陽天頂角 87° 未満の晴天日のみの観測であり、また、高緯度であるため 12・1 月は観測できない。

観測で得られた吸収スペクトルからロジャーズの最適法を用いて高度分布を導出した [Rodgers, 2000]。使用したプログラムは SFIT2 である [Pougatchev et al., 1996; Rinsland et al., 1998]。

導出されたフィッティング結果はひとつひとつチェックし、計算されたスペクトルと観測スペクトルとの残差の平均が 0.5 % 以下のものはすべて使用したが、0.5 % 以上のものについては残差スペクトルを見て精度の悪いものは取り除いた。

3. 結果と考察

得られた高度分布から下部成層圏カラム (10 - 21 km) ・対流圏カラム (0 - 10 km) の 2 つの時系列を作成し、季節変化と経年変化を議論した。

図 1、2 にそれぞれ下部成層圏カラム、対流圏カラムの季節変化を示す。下部成層圏カラムでは、春と秋に低く夏に最も高いという季節変化が得られた。対流

圏カラムでは、春と秋に高く夏に最も低い値をとる季節変化が得られた。下部成層圏カラムの季節変化の要因は、成層圏における夏極から冬極に向かう大気循環と考えられる。下部成層圏では CH_4 混合比は高々度ほど小さくなるため夏になると上昇気流により高度分布が鉛直方向上側にシフトした結果カラム量が増加する。一方、冬になると下降流により高度分布が鉛直方向下側にシフトし、カラム量は減少する。対流圏カラムの季節変化の要因は CH_4 の消滅源である OH ラジカルが夏に大量に生成されるためだと考えられる。

Lower stratosphere (10-21km) variation 2000-2010

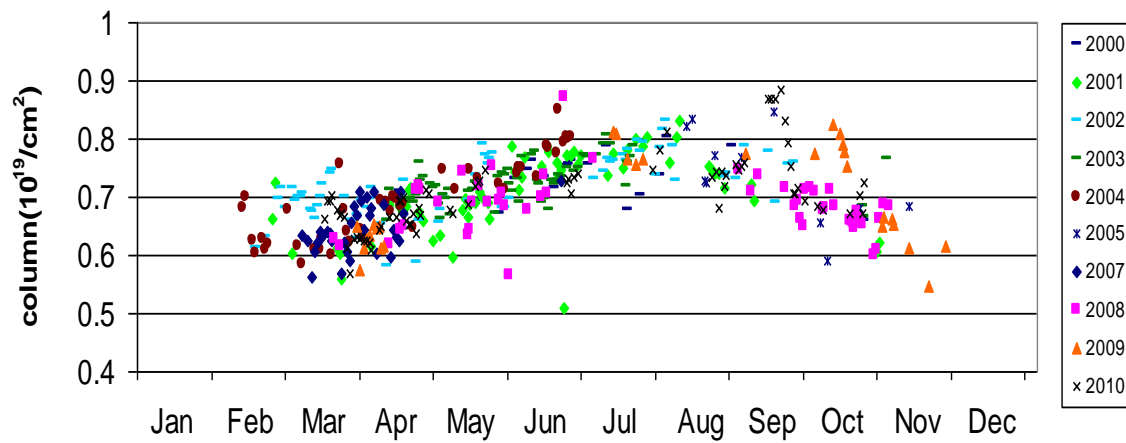


図1. 下部成層圏カラム季節変化

Troposphere(0-10km) variation 2000-2010

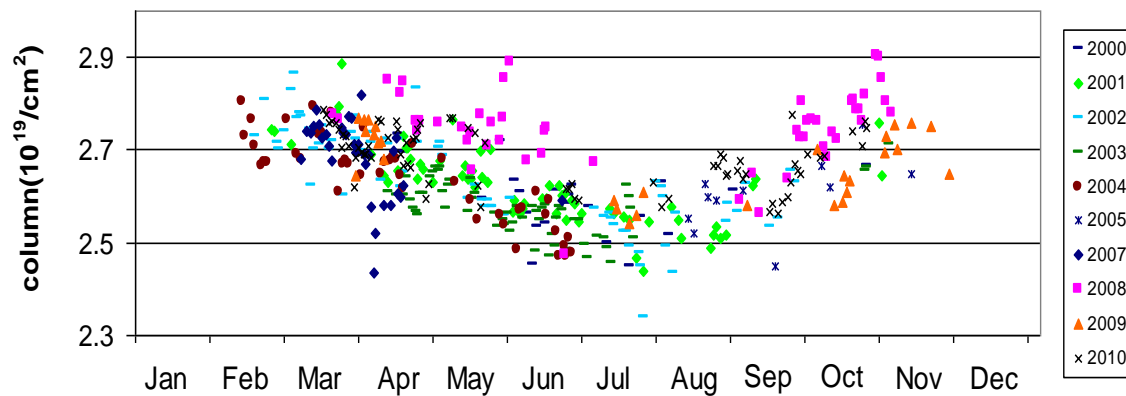


図2. 対流圏カラム季節変化

経年変化については、Digital fitting[Nakazawa *et al.*, 1997]を用いたトレンド解析を行い、評価した。ここで季節変化については1年および1/2年周期を考慮している。図3、4に下部成層圏カラム、対流圏カラムの時系列にトレンド解析を行った結果を示す。下部成層圏カラムでは2000-2010年の間に大きな変化は見られなかった。対流圏カラムでは2000-2005年には大きな変化は見られなかったが、2007-2008年にかけて増加傾向が見られ、2008年に最大値となる結果が得られた。2009・2010年は減少傾向が見られた。2008年に増加し高い値をとった要因としては、2007年の北極域での気温上昇による湿地からのCH₄発生の増加が報告されている[Dlugokencky *et al.*, 2009]。2009年に減少した原因は不明だが、リーマンショックによる天然ガスの世界的な消費の減少による影響が考えられる。

今回得られたポーカーフラットにおける対流圏CH₄の経年変化は、2006年以降上昇傾向を示すドイツ(図5, [Sussmann *et al.*, 2012])や東アジアにおける観測(図6, [室町, 2011])とは2008年以降の傾向が異なっていた。このように経年変化に地域による違いがあることから、多くの場所で観測することはCH₄の生成や消滅の変化を特定するための重要な手段であることが示せた。

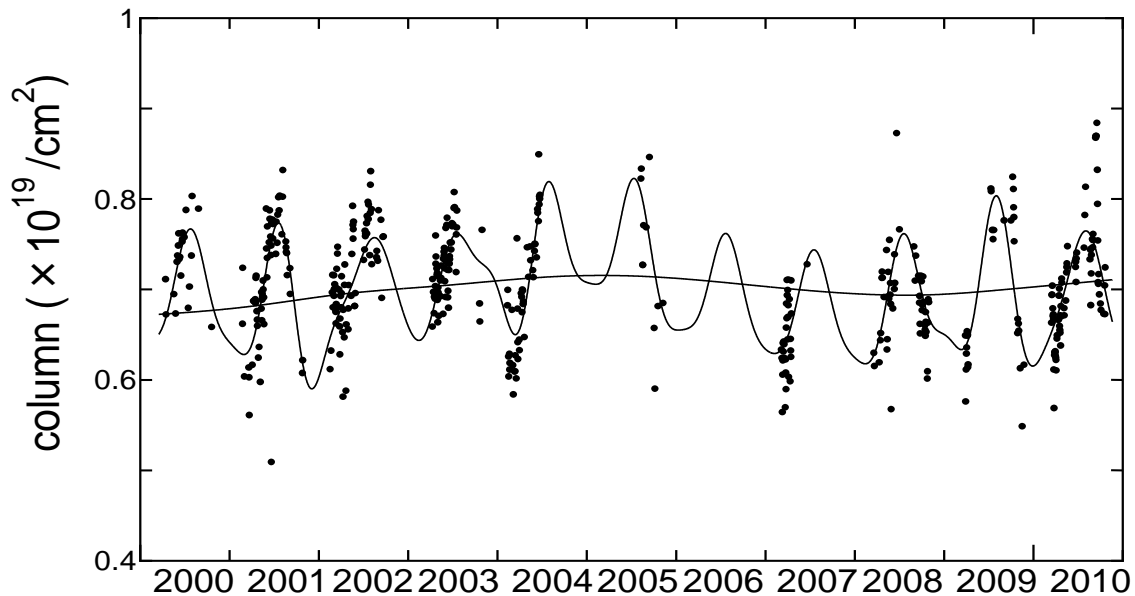


図3. 下部成層圏カラム(10-21 km) 経年変化

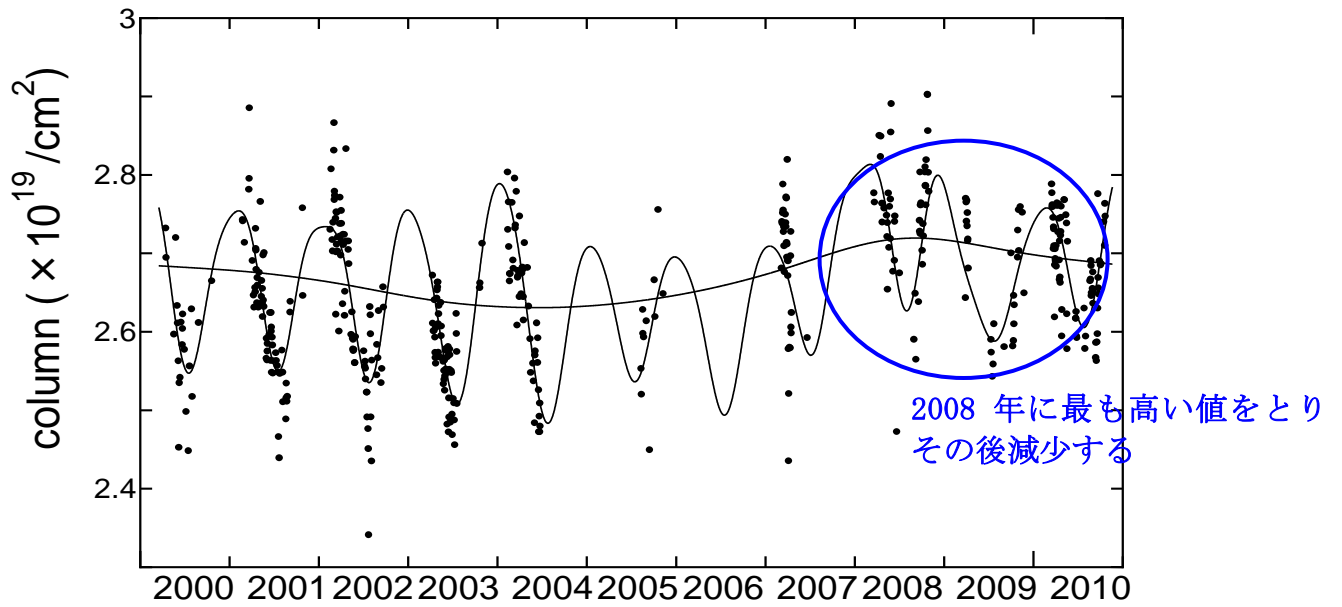


図4. 対流圏カラム(0-10 km) 経年変化

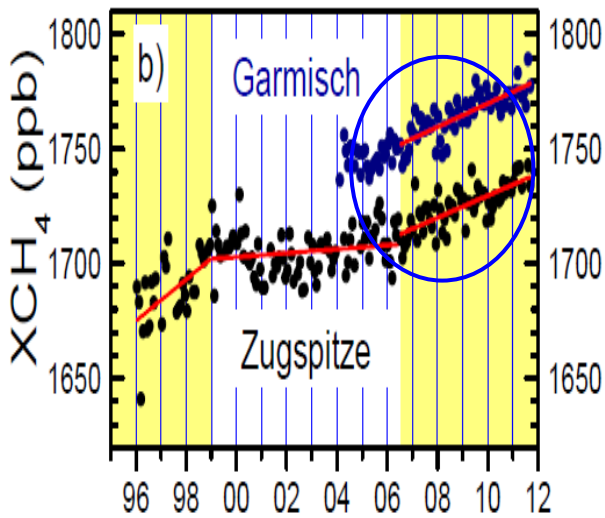


図5. ドイツにおけるCH₄の経年変化 [Sussmann et al., 2012]

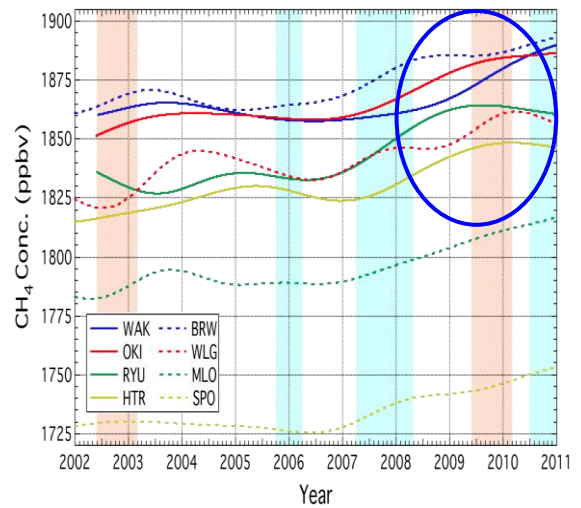


図6. 東アジアにおけるCH₄の経年変化 [室町, 2011]

参考文献

- Dlugokencky, E. J., Bruhwiler, L., White, J. W. C., Emmons, L. K., Novelli, P. C., Montzka, S. A., Masarie, K. A., Lang, P. M., Crotwell, A. M., Miller, J. B., and Gatti, L. V.: Observational constraints on recent increases in the atmospheric CH₄ burden, *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, 36, L18803, doi:10.1029/2009GL039780, 2009.
- Nakazawa, T., Ishizawa, M., Higuchi, K., and Trivett, N. B. A.: Two curve fitting methods applied to CO₂ flask data, *ENVIRONMETRICS*, 8, 197-218, doi: 10.1002/(SICI)1099-095X(199705)8:3<197::AID-ENV248>3.0.CO;2-C, 1997.
- Pougatchev, N. S., Connor, B. J., Jones, N. B., and Rinsland, C. P.: Validation of ozone profile retrievals from infrared ground-based solar spectra, *Geophysics Research Letters*, 23(13), 1637-1640, doi:10.1029/96GL01501 1996.
- Rinsland, C. P., Jones, N. B., Connor, B. J., Logan, J. A., Pougatchev, N. S., Goldman, A., Murcray, F. J., Stephen, T. M., Pine, A. S., Zander, R., Mahieu, E., and Demoulin, P.: Northern and southern hemisphere ground-based infrared spectroscopic measurement of tropospheric carbon monoxide and ethane, *Journal of Geophysical Research*, 103(D21), 28,197-28,217, doi:10.1029/98JD02515, 1998.
- Rodgers, C. D.: Inverse methods for Atmospheric Sounding - Theory and Practice, Series on Atmospheric, Oceanic and Planetary Physics-vol.2, World Sci, 2000.
- Sussmann, R., Forster, F., Rettinger, M., and Bousquet, P.: Renewed methane increase for five years (2007-2011) observed by solar FTIR spectrometry, *Atmospheric chemistry and physics*, 12, 4885-4891, doi:10.5194/acp-12-4885-2012, 2012.
- 室町篤: 東アジア域における CO₂、CH₄、N₂O、CO 濃度の変動, 東北大学修士論文, 2011.
- D. J. ジェイコブ, 大気化学入門, 東京大学出版会, 2002.