

# JEM/SMILES および ACE-FTS データを用いた 2009/2010 年冬季北極成層圏の塩素化合物の動態解析

久世・入江・齋藤研究室

12YM1341 橘友仁

指導教官 齋藤尚子

## 1. はじめに

極域のオゾン破壊には極成層圏雲 (Polar Stratospheric Clouds; PSCs) が大きく関わっている。極域では冬季に極渦と呼ばれる低気圧の渦が発生し、極渦内の大気と極渦外の大気が交わりにくくなることで極渦内が約 190 K の低温となる。成層圏の気温が約 197 K 以下になると PSCs が発生し、オゾン破壊に対して不活性な HCl、ClONO<sub>2</sub> が PSCs 粒子上での不均一反応によって、オゾン破壊に対して活性な Cl<sub>2</sub>、ClO などに変換される。活性な物質に太陽光が当たることでオゾンを破壊するサイクルが発生し、大規模なオゾン破壊が引き起こされる。また、塩素活性が起こる時期がトータルオゾン破壊量を決める大きな要因の一つであり、太陽光が強く当たり始める春に低温になり塩素活性が起こると大規模なオゾン破壊が引き起こされる。

## 2. 目的

これまで衛星から極域成層圏の ClO の観測が行われてきたが、その観測精度が十分でないため、モデルや複数の観測データの平均値を使用して各塩素化合物の濃度の割合を示す "Cl Partitioning" の時系列の解析が行われてきた [Santee et al., 2008]。本研究では、個々の観測データを解析に使用できるほどの高精度で ClO の観測を行った超伝導サブミリ波リム放射サウンダ (Superconducting Submillimeter Wave Limb Emission Sounder; SMILES) と Atmospheric Chemistry Experiment-Fourier Transform Spectrometer (ACE-FTS) データを組み合わせ、実測値を基にした 2009/2010 年北極成層圏の気温と塩素活性の関

係と Cl Partitioning の時系列についての詳細な解析を行う。

## 3. 使用データ

### JEM/SMILES

- ・国際宇宙ステーション搭載
- ・観測期間：2009 年 10 月～2010 年 4 月
- ・観測緯度：南緯 39°～北緯 66°
- ・観測方法：Limb 観測
- ・観測微量成分：O<sub>3</sub>、HCl、HNO<sub>3</sub>、HOCl、ClO (誤差約 10% [Sato et al., 2012]) など

### ACE-FTS

- ・衛星 SCISAT-1 搭載
- ・観測期間：2004 年 3 月 11 日～現在
- ・観測緯度：南緯 85°～北緯 85°
- ・観測方法：太陽掩蔽法
- ・観測微量成分：NO、NO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、HNO<sub>3</sub>、ClONO<sub>2</sub> (誤差 10-12% [Hopfner et al. 2007])、HCl (誤差 ~5-10% [Dufour et al. 2006]) など

## 4. 気温と塩素活性の関係

気温と ClO 濃度の相関図より、PSCs が存在していると考えられる約 197 K 以下で、太陽天頂角 (SZA) が 96°未満の昼のデータにおいて、ClO が高濃度になる相関が見られた。しかし、気温が 210 K 以上で通常では PSCs が存在していないと考えられる条件下であっても ClO 濃度が比較的高濃度になっている空気塊が存在していた。

図 1 は SZA が 90°以下で太陽光が十分に当たっており、かつ EqL が 75°以上の極渦の中心付近のデータのみ使用した、SMILES の ClO 濃度と気温の散布図である。図 2 は、図 1 の SMILES 観測地点から SPIRAL で 7 日間後方流跡線を計算し、流跡線上の空気塊の気温履歴を示したものである。気温が 210 K 以上でかつ ClO が比較的高濃度のデータ (青線) は、観測される 2-3 日前に 190 K 程度の

低温を経験し、観測日の1日前から急激に気温が上昇していることが分かった。このことより、SMILESによって観測される2-3日前の低温時に発生したPSCs粒子上での不均一反応で塩素活性が引き起こされてClO濃度が増加し、観測日の1日前に気温が上昇してもその高濃度のClOが観測時まで維持されていたと解釈することができる。また、ClOが最も高濃度となったデータ(赤線)は、SMILESによって観測される3日前から気温が約197 K以下の低温を継続して経験していることが分かった。ClO濃度が1.5 ppbv程度のデータ(緑線)は、観測時には比較的低温であったが観測日の2日前には比較的高温を経験したためにPSCsが蒸発し、SMILES観測時には気温が200 K以下の低温でPSCsが形成された可能性があっても1.5 ppbv程度の濃度上昇にとどまると推測される。

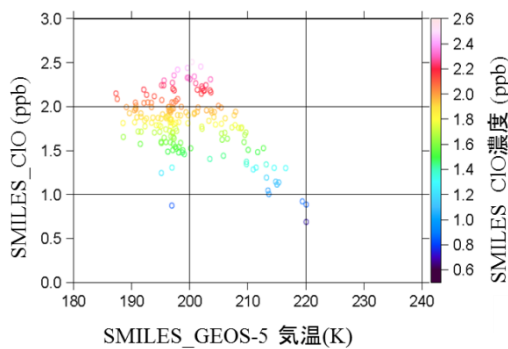


図1 2010年1月の北緯50°以北、温位475 K、 $SAZ < 90^\circ$ 、SMILES ClOデータと気温の相関。気温はGEOS5(モデル)データを使用。

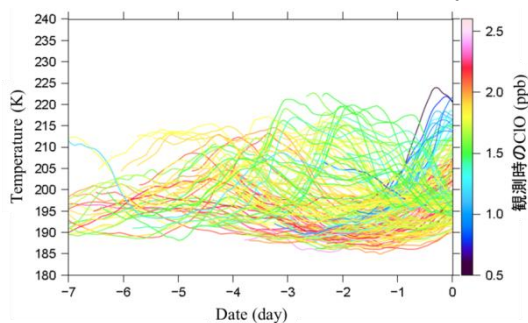


図2 図1のSMILESデータの観測地点からの後方流跡線上の気温履歴。線の色はSMILESのClO濃度で濃度のカラースケールは図1に対応している。

## 5. Cl Partitioning

SMILESで観測されたClO、HOClとACE-FTSで観測されたHCl、ClONO<sub>2</sub>の時系列を調べ、両者の塩素化合物データが互いに矛盾がないことを確認した。そこで、総塩素量(Cly: ClO + HCl +

ClONO<sub>2</sub> + HOCl + ClOOCl + ClO<sub>2</sub> + Cl<sub>2</sub> + ...)を計算した。塩素化合物データを足し合わせた総塩素量(Cly\_Obs: ClO + HCl + ClONO<sub>2</sub> + HOCl)と総塩素量と1対1の対応関係があるN<sub>2</sub>O濃度に基づいて計算した総塩素量(Cly\_N<sub>2</sub>O)を比較した(図3)。極渦外のデータにおいてはCly\_ObsとCly\_N<sub>2</sub>Oの値はほぼ等しく一対一の相関関係が見られる。これはSMILESデータとACE-FTSデータを組み合わせることによって総塩素量Clyを正しく推定できていることを示している。極渦内では観測データに基づくCly\_ObsがCly\_N<sub>2</sub>Oよりも極端に低い値を示している。このことは観測されていない塩素化合物の存在を示唆しており、極渦内でClOが比較的高濃度であることから両者の差にClOOClが大きく寄与していると考えられる。

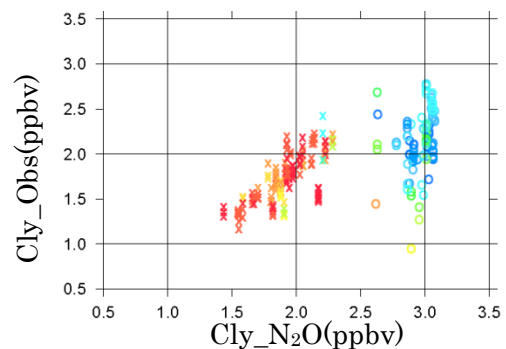


図3 北緯50°以北、温位475 K、2010年1月におけるCly\_N<sub>2</sub>O濃度とCly\_Obs(ClO + HCl + ClONO<sub>2</sub> + HOCl)の相関図。○はSMILESとACE-FTSの両方も極渦内を観測しているマッチペアのデータ、×はSMILESとACE-FTSの両方も極渦外を観測しているマッチペアのデータ。

## 6. まとめ

JEM/SMILESとACE-FTSの個々の観測データを用いて気温と塩素活性の関係とCl Partitioningの時系列の解析を行った。その結果、ClO濃度が高い点は観測時に低温でSAZが低く、EqLが高い点であり、またClO濃度には気温履歴が大きく関わっていることが分かった。また、極渦内でCly\_N<sub>2</sub>OよりもCly\_Obsが極端に低い値を示した。これは、ClOOClが大きく寄与していると考えており、Cly\_N<sub>2</sub>OとCly\_Obsの差から、今まで衛星観測例がほとんどないClOOClを個々の観測値で求められる可能性を示唆している。今後は本研究で推定されたClOOClをモデル値と比較し検証していく必要がある。