

フーリエ変換赤外分光計を用いた2007年昭和基地における 南極オゾンホールと成層圏大気微量成分の観測

佐伯浩介¹、中島英彰²、大矢麻奈未³、Nicholas Jones⁴

¹ 東北大院環境

² 国立環境研究所

³ 筑波大院生命環境

⁴ Wollongong 大学

Research on Antarctic ozone hole and stratospheric minor constituents with Fourier-Transform Infrared Spectrometer at Syowa Station in 2007

Kosuke Saeki¹, Hideaki Nakajima², Manami Ohya³ and Nicholas Jones⁴

¹ Tohoku University

² National Institute for Environmental Studies

³ Tsukuba University

⁴ University of Wollongong, Australia

Profiles and total column amounts of stratospheric minor constituents (O_3 , HNO_3 , N_2O , HCl , $ClONO_2$ and HF) were derived by retrieval calculation from ground-based FTIR at Syowa Station, Antarctica in 2007. Solar infrared spectra were taken with a Bruker 120M FTIR spectrometer which was installed in February 2007 by the 48th Japan Antarctic Research Expedition. Observations were made on 87 days between March and December 2007.

Volume mixing ratio (VMR) profiles and column amounts of O_3 , HNO_3 , N_2O , HCl , $ClONO_2$ and HF retrieved from FTIR measurements agreed with those from AURA-MLS or ACE-FTS measurements well. Decrease in HNO_3 VMR which was estimated with using N_2O as a tracer to remove dynamical effect was identified at the altitude where NAT (Nitric Acid Trihydrate)-PSC was observed from MPL and CALIPSO measurements.

Time series of column amounts of HCl and $ClONO_2$ using HF as a tracer showed inactivation process of active chlorine in the Antarctic. Recovery of $ClONO_2$ is restrained by the decrease of nitrogen oxides which were caused by denitrification. As a result, HCl recovered preferentially because Cl/ClO ratio increased by remarkable decrease of ozone by active chlorine.

1 目的・観測手法

オゾン層の破壊は主にハロゲンラジカルの触媒反応によるオゾンの酸素分子への分解を経由して起こっているが、極域下部成層圏の春季においてもっとも顕著である。成層圏におけるオゾンホールの形成には、極成層圏雲(Polar Stratospheric Clouds : PSC)とよばれるエアロゾル表面上での不均一反応とともに、脱窒と呼ばれるPSCの重力沈降が大きく寄与している。しかし、PSCの生成過程や、PSC組成の違いが成層圏のオゾン破壊にどの程度の寄与があるかなどについて、完全な理解には至っていない。信頼性の高いオゾン将来予測モデル構築のためには、オゾン破壊に関する素過程の詳細な理解が不可欠であり、オゾンホール生成・消失に関わる大気微量成分の変動をモニタリングすることは重要である。

そこで我々は、オゾン破壊に関連した大気微量成分の気柱全量および高度分布の測定を行うことを目的に、2007年に南極昭和基地(69° S, 39.6° E)において、高分解能フーリエ変換赤外分光計(FTIR)観測を実施した。今回南極昭和基地に持ち込んだFTIR(ドイツBruker社製IFS-120M)は太陽を光源とし、大気微量成分がそれぞれ異なった波長で赤外線吸収するその吸収量を測定することでその存在量(気柱全量)を、また観測した吸収スペクトルの吸収線形から、その存在量の鉛直分布(高度プロファイル)を求められる。今回、NIWAとNCAR、及びWollongong大によって開発されたSFIT2プログラムを利用し、2007年2月から2008年1月までの1年間の越冬期間中に得られたのべ87日間の分光観測データから、大気微量成分の気柱全量と高度プロファイルのリトリバルをおこなった(Figure 1)。

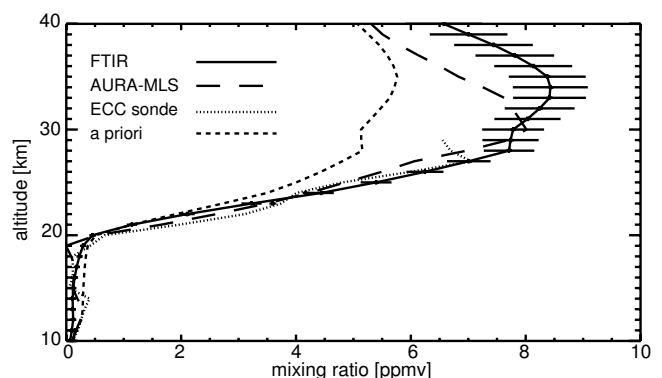


Figure 1: リトリバル結果の例
2007年10月19日、昭和基地上空における
オゾンの高度プロファイル

2 解析結果

FTIR観測データより導出した高度プロファイルは、オゾンゾンデやAURA-MLSの観測結果と、気柱全量はACE-FTSやドブソン分光計の結果と良く一致しており、本解析のために十分な精度を得られた。

N_2O は、下部成層圏においては光解離反応よりも輸送による時定数のほうが長いと、トレーサーとして用いることができる。脱窒のおきていない期間である4月と5月の平均値から求めたリファレンスカーブから、観測した N_2O 濃度に対応する HNO_3 濃度を HNO_3^* とし、この値からの増減をみることによって、 HNO_3 濃度減少の力学的な要因を除去し、正確な脱窒量を見積もることができる(Figure 2)。

人工衛星CALIPSOが観測した高度と組成、昭和基地Micro Pulse LidarによるPSC高度、低分解能FTIR観測による雲の赤外放射スペクトルから推測されるPSCの組成は、高分解能FTIRによって観測された赤外吸収スペクトルより導出した HNO_3 濃度の高度プロファイルと概ね一致した。

NCEP再解析データを用いた後方流跡線解析(METEX:環境研)による、過去36時間の最低気温と HNO_3 のPSCへの取り込みおよび脱窒による減少量(ΔHNO_3)の関係(Figure 3)から、気相中の HNO_3 がPSCに取り込まれるためには、低温(Tice以下)を経験する必要があるという、過去の衛星観測など同様の結果を得た。Nitric Acid Tryhydrate(NAT)粒子を多く含むPSCが存在している高度(8/28、20km)では HNO_3 濃度が著しく減少していたが、たとえPSCが存在していても、NAT粒子をあまり含まないとき(7/29、20km)の濃度変化は小さかった。

リザーバーであるHClおよび $ClONO_2$ の気柱全量について、AURA-MLS、ACE-FTSの観測結果とそれぞれ良く一致した結果を得た。 N_2O と同様にHFをトレーサーとして用いて、リザーバーの気柱全量の推移を示す(Figure 4)。極夜が明けてまもない7月下旬から8月初旬にかけて、 HNO_3 の減少量やPSCの組成に関わらず、HClは90%以上減少していた。極夜中のPSCの生成に伴って、不均一反応が生じていたことが推測できる。また、冬から春にかけて、脱窒による窒素系化学種の除去によって、リザーバー分子である $ClONO_2$ の濃度増加が抑制されるとともに、その後活性塩素によるオゾンの著しい減少によって、Cl/ClO比が大きくなり、同じリザーバーであるHClが生成されるという、南極域特有の活性塩素の不活性化過程を示した。

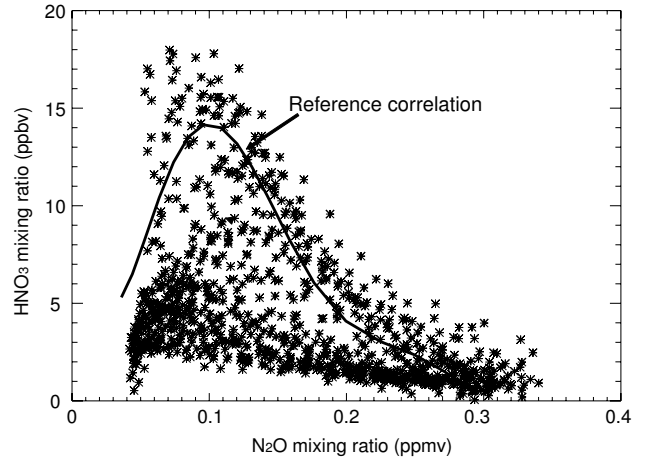


Figure 2: 2007年3月-2008年1月、高度15-30kmにおける HNO_3 - N_2O 相関
4月-5月の平均値をリファレンスカーブで示す

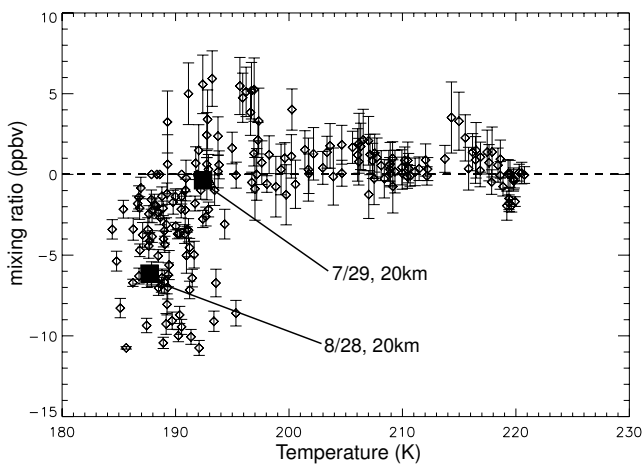


Figure 3: 2007年3月-9月、昭和基地上空高度16-20kmにおける ΔHNO_3 と、流跡線解析による過去36時間の最低気温の関係

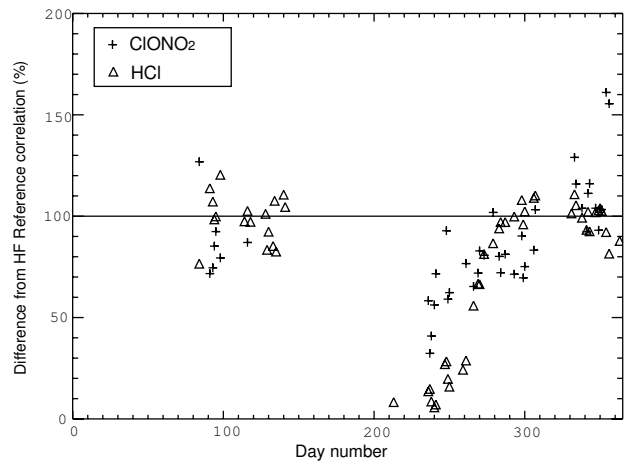


Figure 4: 2007年昭和基地におけるHClと $ClONO_2$ 気柱全量の推移
HF相関のリファレンスカーブからの増減値で示す