

大気中のオゾン等微量成分の変動の研究

Variations of ozone and related trace species in the atmosphere



准教授 村田 功
Associate Professor
Isao Murata

当研究室では、「グローバルな大気環境変動」をキーワードに、オゾン減少問題や地球温暖化など、地球規模の環境変動に関わる大気中の微量成分の観測的研究を行っている。2017年は、つくばにおけるフーリエ変換型分光器 (FTIR) による HCl, OCS 観測結果の解析や NDACC/IRWG 会議参加、昨年度に実施した光学オゾンゾンデによる成層圏オゾン・二酸化窒素観測のデータ解析などを行った。

Temporal variations of the total columns of Hydrogen chloride (HCl) and Carbonyl sulfide (OCS) were observed with Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR) at Tsukuba. We participated in the NDACC/IRWG meeting held at Paris, France, and presented the results of our HCl observation. We also analyzed spectra taken from a balloon observation of stratospheric ozone and nitrogen dioxide with an optical ozone sensor in 2016.

我々は国立環境研究所との共同研究として、つくばにおける FTIR による観測を 1998 年より行っている。FTIR では太陽光の 2-15 μ m の赤外領域のスペクトルから大気中の多くの微量成分の高度分布等を調べることができる。FTIR を用いた同様の観測を行っている国際的な研究グループ NDACC/IRWG (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change/Infrared Working Group) では、各観測ステーションの結果を総合して地球規模の変動要因を解明する研究を進めており、これまでも HCl, CH₄ 等についての論文を共同で発表している。今年は HCl の近年の結果を解析するとともに、新たに OCS の経年変化を解析した。

HCl は成層圏オゾン破壊の指標となる成分で、フロン規制によって大気中への塩素の放出量が減少したのに伴い 2000 年頃から減少傾向にあったが、2007-2011 年頃に増加傾向が見られた。ベルギーのグループを中心とした NDACC/IRWG の 8 力所の観測結果と 3 次元化学輸送モデルを用いた解析から、今回の再増加は北半球の短期的な大気循環の変動によることが分かり、2014 年に Nature に発表したことは以前に報告している。HCl 再増加の原因が短期的な大気循環の変動なのであれば、その後また HCl は減少に転じるはずである。Fig.1 が今年解析したつくばでの最近の結果で、予想通り 2012 年以降は若干の減少傾向が見られた。気象データを用いて循環の変化を調べてみると、Fig.2 のようになった。これは質量流線関数の変化をみたもので、(a) が HCl が減少していた 2006 年より前の 4 年分の

We have been investigating the temporal and spatial variations of atmospheric trace species with solar infrared spectroscopy using FTIR at Tsukuba since 1998 in collaboration with the National Institute for Environmental Studies. We have contributed to the activity of the Network for the Detection of Atmospheric Composition Change/Infrared Working Group (NDACC/IRWG) and collaborated on HCl, CH₄, etc. This year, temporal variations of the total columns of HCl and OCS were analyzed.

HCl is the main chlorine reservoir species in the stratosphere. The amount of HCl is a good indicator of the potential of ozone depletion. HCl decreased in the 2000s after the Chlorofluorocarbons (CFCs) regulation but showed an increase in 2007-2011. A Belgian group investigated this increase and attributed it to short-term dynamical variability in the northern hemisphere from FTIR observations and 3D-chemical transport model simulations (Mahieu et al., 2014). Fig.1 shows temporal variation in the HCl vertical column at Tsukuba extended to 2016. HCl decreased again after 2012. Fig.2 shows differences in mass stream function between (a) the average of 2002-2005 and average of 2007-2010 and (b) the average of 2007-2010 and average of 2012-2015. The values in the northern lower stratosphere change from negative (blue) to positive (red), which means the circulation changes from deceleration to acceleration. This change corresponds to the HCl change from increase to decrease. Thus it is confirmed that the CFCs regulation itself works properly.

OCS is the main source for the stratospheric aerosol layer called the "Junge Layer" and is emitted from the ocean, wetlands, volcanos, etc. Some reports have indicated that the amount of stratospheric aerosol is increasing

平均と再増加した 2007-2010 年の平均との差、(b) が 2007-2010 年の平均と増加が止まった 2012 以降の 4 年分の平均との差である。赤枠で囲った北半球下部成層圏を比較すると負 (青) から正 (赤) に変わっており、これは循環が減速から加速に変わったことを示している。2007 年を境に成層圏の循環が減速したことが HCl の再増加の原因であったが、2012 年以降は加速に転じており、これが観測された HCl の減少傾向に対応することが確認できた。これらから、フロン規制自体は問題なく機能していることが確認された。

OCS は成層圏に定常的に存在するユング層と呼ばれるエアロゾル層の供給源となる物質で、主に海洋、湿地、火山等から放出される。近年成層圏のエアロゾルが増加しているという報告があり、OCS も増加しているという観測結果がある。成層圏エアロゾルは太陽放射を反射するため、その増加は地球温暖化を抑制する働きがあると考えられ、そういった面から OCS の経年変化も注目されている。そのため NDACC/IRWG でも各観測点のデータを集めて解析を進めている。Fig.3 につくばでの観測結果を示す。残念ながら途中にかなりの欠測期間があるものの、2002 年頃に比べて 2010 年以降は高い値を示しており、やはりつくばでも増加傾向が見られている。

NDACC/IRWG では、毎年世界各国から 20 以上の研究グループが集まって観測手法や最新の結果に関する情報交換を行う会議を行っているが、今年はパリで 5 月 29 日から 6 月 2 日に開催された (Fig.4)。我々もこの会議に参加し、HCl の解析結果の発表を行ったほか、解析手法の最適化などについて情報交換を行った。

光学オゾンゾンデは、本研究室が開発した紫外線強度の変化から成層圏オゾンの高度分布を観測する気球観測用の観測装置で、オゾン以外に二酸化窒素等も観測できるように小型分光器を用いて 280-500 nm のスペクトルを測定している。この観測は宇宙科学研究所の大気球実験として以前から行っているが、分光器を用いた初の観測を行った 2013 年には気球上昇中の分光器温度変化により波長シフトが起こるなどいくつか問題点があった。そこで、保冷剤を用いた温度安定機構を構成するなどの改良を行い、昨年度再び観測を行った。今年度はこの観測の解析を行ったが、2013 年よりかなり質のよいデータが取れたことから Fig.5 に示すように二酸化窒素のカラム量についても誤差 10% 程度とまずまずの精度で求めることができています。

また、村田准教授は 2015 年から宮城県保健環境センターの評価委員をしており、今年度もこれまでに 2 回の評価委員会に出席して県保健環境センターが行っている研究の評価を行った。

and that OCS is also increasing. The increase of stratospheric aerosol constrains global warming due to its reflection of solar irradiation. Therefore, NDACC/IRWG is analyzing the OCS observed at many stations around the world. Fig.3 shows the temporal variation of the OCS total column observed at Tsukuba. Although there is a data gap between 2003 and 2010, it can be seen that there is an increase from 2001-2002 to 2010-2011.

NDACC/IRWG holds an annual meeting where scientists from more than 20 groups discuss observational results, new plans, and measurement techniques. The 2017 meeting was held on the campus of the Université Pierre et Marie Curie, Paris, France, from May 29 to June 2, 2017 (Fig.4). We participated in the meeting and presented the results of our HCl observation. Discussions on the optimization of the analysis method were also performed.

We developed a balloon-borne optical ozone sensor in our laboratory to measure the ozone vertical profile in the upper stratosphere from ultraviolet absorption. Recently, a new sensor with a small spectrometer was developed to measure some other species, such as NO₂ as well as ozone from the solar spectra between 280 and 500 nm. Balloon observations have been carried out in collaboration with the scientific balloon group at the Institute of Space and Astronautical Science/Japan Aerospace Exploration Agency (ISAS/JAXA). The first observation with the new sensor was carried out in 2013 at Taiki, Hokkaido, but there were some problems with the instrument. The second observation with an improved instrument was carried out on September 5, 2016, at Taiki and good-quality spectra were taken successfully. The spectra were analyzed this year, and the stratospheric column of nitrogen dioxide was derived within a standard error of 10% as shown in Fig.5.

Assoc. Prof. Murata serves as an evaluation committee member for the Center for the Health and Environment, Miyagi Prefectural Government and attended two committee meetings.

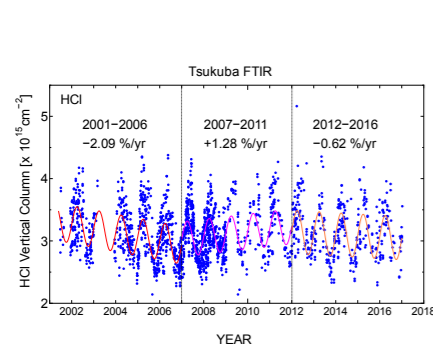


Fig.1 Temporal variation of the total column of HCl observed at Tsukuba from 2001 to 2016.

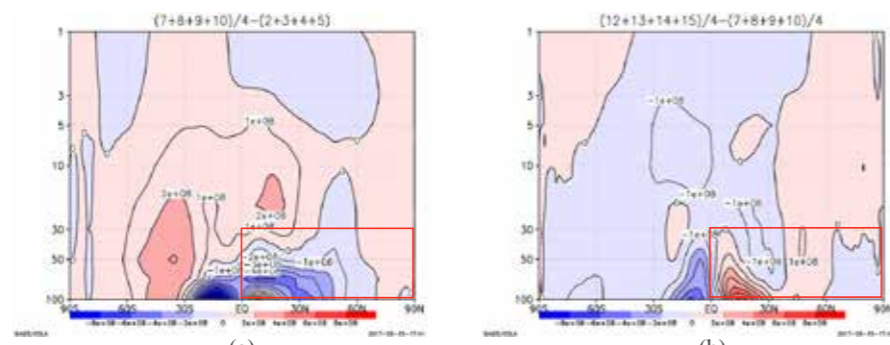


Fig.2 Changes of the mass stream function. (a) Difference between 2002-2005 and 2007-2010, (b) Difference between 2007-2010 and 2012-2015 (Tomikawa, private communication).

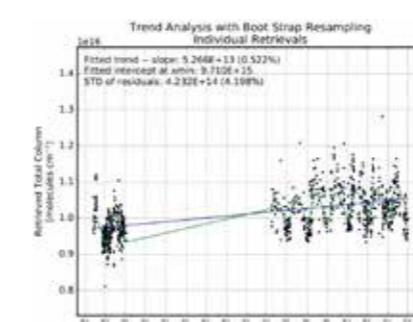


Fig.3 Temporal variation of the total column of OCS observed at Tsukuba from 2001 to 2016.



Fig.4 Group photo of NDACC/IRWG meeting held at Paris.

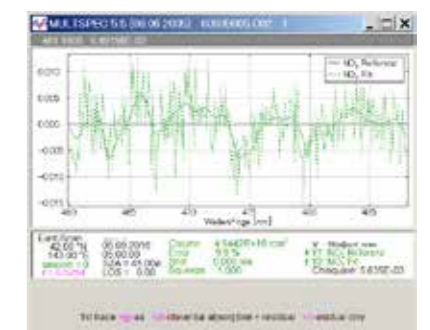


Fig.5 Fitting result of the slant column of nitrogen dioxide between 17.5 km and 44.5 km in altitude.