

スペクトル取得型光学オゾンゾンデで観測された成層圏オゾン・二酸化窒素高度分布

村田 功¹、野口 克行²、Andreas Richter³、Alexei Rozanov³、and John P. Burrows³

¹ 東北大学大学院環境科学研究科、² 奈良女子大学大学院自然科学系

³ *Institute of Environmental Physics, University of Bremen*

Stratospheric ozone and nitrogen dioxide profiles observed with spectrometer type balloon-borne optical ozone sensor

Isao Murata¹、Katsuyuki Noguchi²、Andreas Richter³、Alexei Rozanov³、and John P. Burrows³

¹ *Graduate school of Environmental Studies, Tohoku University*

² *Division of Natural Sciences, Nara Women's University*

³ *Institute of Environmental Physics, University of Bremen*

We have developed a balloon-borne optical ozone sensor and have observed the vertical distribution of upper stratospheric ozone since 1994 using a thin-film high-altitude balloon at Sanriku and Taiki, Japan. The sensor measures solar ultraviolet radiation in ozone Hartley band absorption at wavelength of 300 nm, and vertical ozone distributions higher than 15 km were obtained with 1 km resolution. Recently, we developed a new sensor with small spectrometer to measure also other species such as NO₂ and the measurement was carried out on September 5, 2016. The solar absorption spectra between 280 and 500 nm were measured with 0.7 nm resolution every two seconds. The spectrometer was put between two cold insulators with freezing point of 5°C to keep the temperature stable. A spherical mirror and a Teflon diffuser were set just before the optical fiber inlet to measure the solar spectra even when the solar zenith angle (SZA) is large (SZA<90). We utilized a program based on the DOAS method to retrieve the NO₂ number density from 460-490 nm. Preliminary results of the vertical ozone distribution and the stratospheric column of NO₂ will be reported at the symposium.

東北大学では上部成層圏のオゾンと直接観測する光学オゾンゾンデを開発し、宇宙科学研究所の薄型高高度気球と組み合わせて三陸および大樹におけるオゾン高度分布観測を1994年から行って来た。当初はオゾン吸収のある波長(300 nm)とない波長(420 nm)の2波長の強度をフィルターによる分光で測定していたが、オゾン以外に二酸化窒素なども同時観測できるように小型分光計を用いたスペクトル取得型の観測器を開発し、2013年5月に初観測を行った。しかし、オゾンについては従来型と同様に観測できたものの、二酸化窒素については十分な精度の観測とはいえなかった。その要因として、主に以下の三つが考えられた。

1. 分光器アレイセンサーのピクセル毎のゼロレベルの差や感度ムラによるノイズ成分がかなり大きい。
2. 分光器の温度変化による波長シフトや分解能変化があり、補正が難しい。
3. そもそもNO₂の吸収量が不足している。

そこで、以下の改良を行ったうえで、2016年9月に観測を行った。

1. ピクセル毎のゼロレベルの差および感度ムラについては、観測前に較正用データを取得しておく。
2. 分光器の温度変化を抑えるため、保冷剤を用いた温度安定機構を構成する。
3. NO₂の吸収量を増やすため、光路長の長くなる日出直後の観測を行う。

1については、前回の観測ではノイズ成分はほぼランダムと考えていたが、解析時に時間方向に積分してもノイズがあまり減らないことから気がついた。そこで今回は、事前にゼロレベル等のスペクトルを1000スペクトル程度測定しておき、これを積算してランダムな成分を十分落とした較正用データを準備した。これによりS/Nをかなり向上させることが出来た。

2については、凝固点が5°Cの保冷剤で分光器を挟み込むことで観測中に分光器温度を凝固点付近に保つ方法を考案し、実際に観測を行った高度16-45kmの範囲での分光器温度変化を0.8°C程度に納めることが出来た。観測されたスペクトルを高度1km毎に平均してフラウンホーファー線の吸収ピーク位置を調べたところ1ピクセル以内で一致しており、波長シフトがほぼ無視できることが確認された。

3については、NO₂の吸収量を2013年の10倍程度確保できるように、観測開始の高度16km付近で日出を迎えるタイミングで放球し、また日出直後の太陽光を分光器に導入するための球面反射鏡を製作した。これにより無事狙い通りの時間帯に観測することが出来た。

データ解析は現在まだ進行中で、オゾンや二酸化窒素の高度分布を導出するまでには至っていないが、上述のように改良により質のよいスペクトルが観測できたことは確認しているため、講演ではオゾン高度分布および二酸化窒素カラム密度の初期結果を報告する。