

スペクトル取得型光学オゾンゾンデによる成層圏オゾン高度分布観測

村田 功¹、野口 克行²

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

Measurements of stratospheric ozone with spectrometer type balloon-borne optical ozone sensor

Isao Murata¹ and Katsuyuki Noguchi²

¹ Graduate school of Environmental Studies, Tohoku University

² Division of Natural Sciences, Nara Women's University

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 new sensor with small spectrometer to measure also other species such as NO₂ and the first measurement was carried out in May 2013. Vertical ozone distribution was successfully derived from spectra with sensitivity correction.

1. はじめに

東北大学では上部成層圏のオゾンに直接観測する光学オゾンゾンデを開発し、宇宙科学研究所によって開発された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 年から行ってきた。この装置は上部成層圏オゾンに直接観測できる数少ない観測器であり、これまでではオゾンによる吸収を受ける波長 (300 nm) とオゾンの吸収を受けない波長 (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、2010 年にはオゾン以外に二酸化窒素なども同時観測できるよう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た。装置のトラブルや気象条件の関係で初観測は遅れたものの、2013 年 5 月ようやく観測を行った。データは現在解析中で、いくつかの問題点や要改善点が見つまっている。今回はオゾンと二酸化窒素を導出する初期解析の結果と問題点を報告する。

2. 観測装置

光学オゾンゾンデは、オゾンハートレー帯吸収によって太陽光の 300 nm 付近の紫外線の強度が高度に対して変化することを利用してオゾン濃度の鉛直分布を得る。ECC オゾンゾンデのように外気を取り込む必要がないため、大気の薄くなる 30 km 以上での観測精度がよいことが特徴である。受光面にはテフロン製の拡散板を用いており、これにより太陽追尾をしなくても光を観測器内部に取り込むことができる。従来の装置では内部に取り込まれた光を石英製のビームスプリッターによって分け、300 nm と 420 nm の 2 波長のみの強度を測定していたが、スペクトル取得型では小型分光器を用いて約 280-500 nm の範囲を 2400 チャンネルに分けて測定する。これによりオゾン以外に二酸化窒素や OClO, BrO などの吸収帯のスペクトルも取得できる。スペクトル取得型光学オゾンゾンデのサイズは 250 x 170 x 250mm で、重量は 2.5kg である。

3. 初期解析結果

まず、スペクトルデータのうち従来型のフィルター式と同じ波長域(300 nm と 420 nm)のデータのみを用いて同様の解析手法でオゾン高度分布を求めた。この際スペクトルの波長毎の感度補正を行う必要があるが、気球観測前には行えなかったため、予備機を用いて極地研究所の積分球で感度校正試験を行った。しかし、積分球は 330nm 以下の波長は測定できず 300nm の感度校正が出来ないため、Xe ランプの測定データと Xe ランプカタログ等に掲載していた輝度曲線グラフから読み取った波長毎の輝度値からも感度曲線を作成した。図 1 に積分球および Xe ランプを用いて測定した感度曲線を示す。Xe ランプの測定値と輝度曲線も同時に示しているが、420nm より長波長側では Xe ランプで測定した感度曲線は積分球の結果とおよそ一致している。420nm より短波長側では積分球での測定結果にばらつきが目立つが、これは積分球のランプの強度がこの波長領域では非常に弱く S/N が悪いためである。以上から 420nm 以下では Xe ランプで測定した感度曲線が信頼できると考え、今回の感度補正には Xe ランプの結果を使用した。

感度補正したスペクトルデータから求めたオゾン高度分布を図 2 に示す。比較のために気象庁の札幌での ECC オゾンゾンデ観測結果から観測日の近いものふたつを同時に示している (我々も ECC オゾンゾンデの観測をほぼ同時に行ったが、今回は内部温度が 0°C を下回ったためか途中から異常に低い値を示しているため比較に使用でき

ない)。光学オゾンゾンデは高度 20km 以下では紫外線強度が小さく S/N が悪くなるため 20km 以上で比較すると、ピークの 25km 前後では若干光学オゾンゾンデの値が低くなっているものの、それ以外の高度では両者はよく一致している。また、30km 以上では ECC オゾンゾンデでは高度方向の細かい構造が捉えられていないが、光学オゾンゾンデでは波状構造が 40km 以上まで捉えられている。これらより、スペクトルデータからのオゾン高度分布導出はまずまず出来ていると考えられる。

また、差分吸光法 (DOAS) の手法を応用し 460–490nm のスペクトルから 1-40km のオゾンおよび NO₂ のスラントコラムの導出も試みているが、オゾンについてはそれなりの値が求められているものの NO₂ についてはほとんど吸収が見られていない。これについては、温度変化による波長ずれや分解能変化、ピクセル間の感度やノイズのムラその他、今回の観測ではそもそも NO₂ に関しては吸収量が足りないことが考えられる。そのため、装置の改良や観測ジオメトリの変更なども含め検討中である。

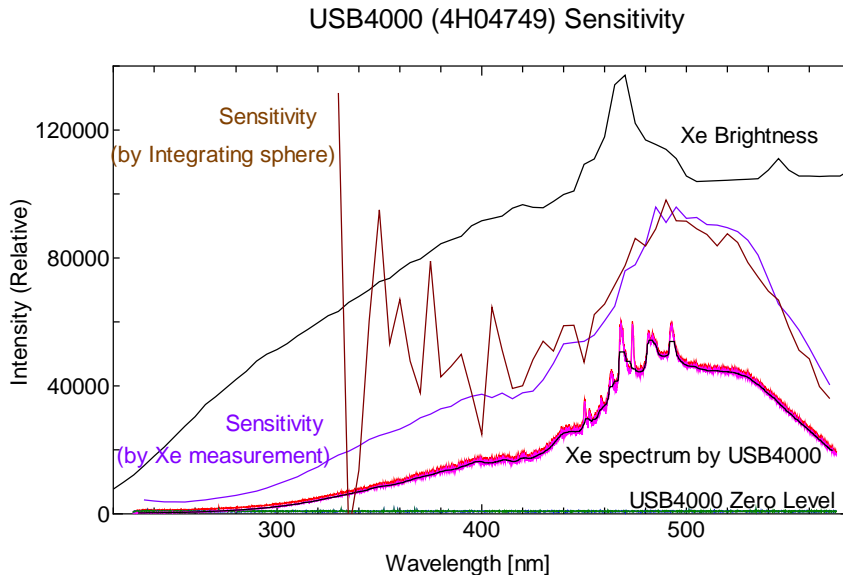


図 1. 積分球および Xe ランプを用いて測定した感度曲線

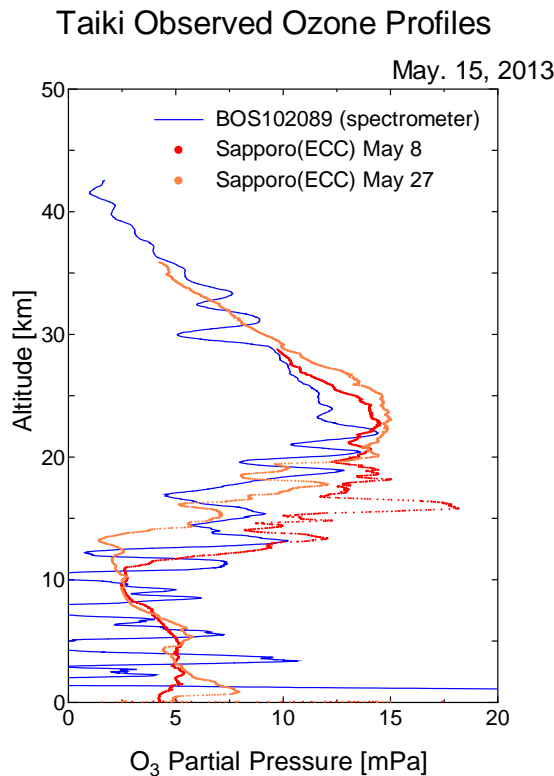


図 2. スペクトルデータから求めたオゾン高度分布