

(研究題目) レーザーヘテロダイン分光法による成層圏オゾンのリモートセンシング
Remote Sensing of Stratospheric Ozone with Laser Heterodyne Spectroscopy

(研究者)	福西 浩	東北大学理学部	教授
	Hiroshi Fukunishi	Faculty of Science, Tohoku University	Professor
	岡野章一	東北大学理学部	助教授
	Shoichi Okano	Faculty of Science, Tohoku University	Associate Professor
	山内 恭	国立極地研究所	助教授
	Takashi Yamanouchi	National Institute of Polar Research	Associate Professor
	青木周司	国立極地研究所	助手
	Shuji Aoki	National Institute of Polar Research	Assistant Professor

Summary

A portable infrared laser heterodyne spectrometer was developed for remote sensing of atmospheric minor constituents related to the ozone chemistry. Observations of ozone, methane and nitrous oxide were made at Mt. Haleakala in Hawaii, in Fairbanks in Alaska, and in Tsukuba from 1991 through 1994. Vertical profiles of these atmospheric minor species were derived from the observed absorption spectra. Time-height cross sections of ozone mixing ratio were obtained with a high time resolution of one hour for the first time.

1. 研究目的

成層圏オゾンは地上生命にとって有害な太陽紫外線を吸収するとともに、成層圏の温度構造を維持するエネルギー供給源となっている。近年、フロンガスや窒素酸化物などの人工的な化学物質の地球大気への放出が著しく増加し、地球規模のオゾン層破壊が懸念されている。東北大学理学部ではオゾン層破壊に関連する大気微量気体成分の地上からのリモートセンシングを目的として赤外半導体レーザーヘテロダイン分光計の開発を進めてきた。最初に開発したレーザーヘテロダイン分光計(TDLHS-1)は実験室内設置型でオゾン観測専用であった。1989年より移動観測を目的とした可搬型レーザーヘテロダイン分光計(TDLHS-2)の開発に着手した。フィールドでの移動観測に使用するためには、装置全体の小型軽量化と高い安定性及び信頼性が要求される。TDLHS-2は1990年度までに部品調達および光学系の製作が終了していた。本研究では、まず第一に、局発レーザーのモード測定、光軸調整、試験観測を行ってTDLHS-2を実際に分光器として大気微量成分観測に稼働させるところまで完成させる。次にTDLHS-2を使用して、国内及びハワイ、アラスカにおいてオゾン、一酸化二窒素、メタン、硝酸の観測を実施する。そして観測された吸収線スペクトルからこれらの大気微量気体成分の高度分布及び気柱全量を導出し、北半球高・中・低緯度における分布の実態および変動の原因を解明することを目標とする。

2. 研究経過および成果

1991年4月からガスセルを使用した室内実験でTDLHS-2の光学系及び電気系の調整を行い、7月末に初めて太陽を光源として大気メタンの吸収線スペクトルを得た。8月も調整と改良を重ね、9月始めまでに大気オゾンと一酸化二窒素の吸収スペクトルの観測に成功した。

9月22日から10月23日にかけてアメリカ合衆国ハワイ州マウイ島のハレアカラ山頂にあるハワイ大学ハレアカラ観測所において初の海外観測を実施した。観測装置は順調に稼働し好天にも恵まれ、大気オゾン、メタン、一酸化二窒素の良質なデータを大量に得ることができた。帰国後、観測で得られたデータの解析を進め、オゾン混合比高度分布と気柱全量の日々変化及び日変化を導出した。特に1時間という高時間分解能で測定されたオゾン混合比高度分布の日変化は今回が初めての成果である。また一酸化二窒素の高度分布も得られた。

11月に装置のメンテナンスを行い12月から1992年2月までは筑波の国立環境研究所においてオゾン層の共同集中観測を実施した。この観測期間にも、オゾンに加えてメタンと一酸化二窒素を観測した。

筑波でのオゾン観測データをオゾンゾンデやオゾンライダーによる観測データと比較した結果、TDLHS-2の設計当初の波数分解能が得られていないことが示唆された。分解能低下の原因として、それまで局発半導体レーザーの2本のリード線のうちリターン側がグラウンドと共通になっていたために、放送波や商用交流雑音を拾ってレーザー発振幅が広がっていた可能性があった。そこでリターン側のリード線もグラウンドから浮かせて外部ノイズの影響を受けにくくした。

メタン及び一酸化二窒素観測用の半導体レーザーが劣化してパワーが極端に落ちたため、新しいレーザーと交換した。1992年8月までその新しいレーザーのモード特性の測定及び試験観測を行った。その結果、交換以前のレーザーは一酸化二窒素とメタンの吸収線の存在する両方の波数域をカバーしていたが、残念ながら新しいレーザーは一酸化二窒素の吸収線の波数域は発振パワーが非常に小さく、このレーザーで測定可能な物質はメタンのみとなった。

9月30日から10月20日まで2回目の海外観測としてアメリカ合衆国アラスカ州フェアバンクス郊外のアラスカ大学地球物理学研究所ポーカーフラットロケット実験場において、オゾン及びメタンの観測を実施した。あいにく天候が悪く13日間のうち観測ができたのは3日間だけであったが、オゾン、メタンともに良質な吸収線スペクトルデータが得られた。このうちオゾンについては2日分の高度分布が得られている。

1992年12月7日から19日及び1993年1月4日から10日にかけて、昨年に引き続き筑波の国立環境研究所においてオゾン層の集中観測を実施した。温帯低気圧の接近にともなう下部成層

圏でのオゾン変動がとらえられた。

1993年2月7日から3月7日にかけて2回目のハワイ観測を実施した。天候に恵まれオゾンおよびメタンの吸収線スペクトルデータを大量に得ることができたが、一部のデータが我々が使用した観測所の近くにある別の機関の施設から放射されていると思われる電波による強い干渉を受けた。昨年の経験から温度変化に対する対応は講じたが、電波による干渉対策が課題となった。

一方、データ解析手法の面では、メタンの吸収線強度は温度依存性が大きいために、これまでの方法では高度分布の導出は困難であった。そこでメタンの高度分布をそれを特徴付ける4つのパラメーターで表わす新しい導出手法を開発し、昨年度に観測されたメタン吸収線データを解析した。その結果地上からのリモートセンシング法としては世界で初めてメタンの高度分布を導出することに成功した。

1994年2月20日から3月18日まで再びアラスカ州フェアバンクスにおいてオゾンの観測を実施した。当初、オゾンと硝酸の同時観測を計画していたが、観測直前に硝酸観測用のレーザーが不調となり、オゾンだけの観測となった。しかし、この期間名古屋大学のグループがライダーによるエアロゾル観測を実施しており、オゾンとエアロゾルの同日のデータが得られている。このときの観測からは、4日間連続してオゾン混合比高度分布の日変化が得られた。エアロゾルの高度分布データなどと比較した結果、観測されたオゾン変動はおもに力学的効果によることが明らかになった。

3. 発表論文リスト

Koide, M., M. Taguchi, S. Okano, H. Fukunishi, H. Nakane, S. Hayashida-Amano, I. Matsui, N. Sugimoto, A. Minato, and Y. Sasano, Intensive observations of the ozone layer under the existence of Pinatubo aerosols, Abstracts for 91th SGPSS Spring Meeting, 1992.

Taguchi, M., S. Okano, and H. Fukunishi, Remote sensing of atmospheric O_3 , CH_4 and N_2O at Mt Haleakala, Hawaii with a tunable diode laser heterodyne spectrometer, Abstracts for 91th SGPSS Spring Meeting, 1992.

Koide, M., M. Taguchi, S. Okano, and H. Fukunishi, Height distribution of methane derived from tunable diode laser heterodyne spectrometer observations (I), Abstracts for 92th SGPSS Fall Meeting, 1992.

小出理史、岡野章一、田口 真、福西 浩、レーザーヘテロダイン分光計によるメタン高度分布の導出、第三回大気化学シンポジウム講演集、pp.21-24, 1992.

Koide, M., M. Taguchi, S. Okano, and H. Fukunishi, Height distribution of methane derived from tunable

diode laser heterodyne spectrometer observations (II), Abstracts for 1993 Japan Earth and Planetary Science Joint Meeting, pp.387, 1993.

重松直子、田口 真、小出理史、岡野章一、福西 浩、中根英昭、つくばにおける可搬型レーザーヘテロダイン分光計によるオゾン観測、第16回レーザーセンシングシンポジウム予稿集、pp.53-54, 1993.

小出理史、岡野章一、田口 真、福西 浩、レーザーヘテロダイン分光計によるメタン高度分布の導出、第16回レーザーセンシングシンポジウム予稿集、pp.55-58, 1993.

田口 真、岡野章一、福西 浩、可搬型レーザーヘテロダイン分光計によるハワイ・ハレアカラ山における成層圏オゾン観測、日本気象学会1993年秋季大会講演予稿集、pp.304, 1993.

重松直子、田口 真、小出理史、岡野章一、福西 浩、1992年12月/1993年1月のつくば上空のオゾン変動の解析、日本気象学会1993年秋季大会講演予稿集、pp.161, 1993.

Taguchi, M., S. Okano, M. Koide, N. Shigematsu, and H. Fukunishi, Remote sensing of atmospheric minor constituents by the infrared laser heterodyne spectroscopy, Proceedings of Eighth International Symposium on Solar Terrestrial Physics, pp.206, 1994.

Taguchi, M., S. Okano, M. Koide, N. Shigematsu, and H. Fukunishi, Development of tunable diode laser heterodyne spectrometers for remote sensing of atmospheric minor constituents, Abstracts for 17th International Laser Radar Conference, pp.259-260, 1994.