

平成 21 年 4 月 27 日現在

研究種目：基盤研究（B）  
研究期間：2006～2009  
課題番号：18340138  
研究課題名（和文） 準ミリ波水蒸気分光放射計による中層大気水蒸気・オゾンの観測的研究  
研究課題名（英文） Observational study of water vapor and ozone in the middle atmosphere by using a quasi-millimeter wave spectroscopic radiometer  
研究代表者  
水野 亮 (MIZUNO AKIRA)  
名古屋大学・太陽地球環境研究所・教授  
研究者番号：80212231

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：環境変動,大気現象,リモートセンシング,電子デバイス・機器

## 1. 研究計画の概要

水蒸気は  $\text{HO}_x$  のソースとしてオゾンの破壊に関係しており、中層大気中の物理過程、光化学過程を理解する上で重要な微量分子のひとつである。しかし、これまでに多くの地上観測がなされているオゾンとは対照的に、対流圏での吸収が大きい水蒸気は地上からの観測が極めて難しい。本研究では、対流圏での吸収が比較的小さくまた技術的にも最近の発展が著しいマイクロ波の分光法を用い、小型可搬型の高感度準ミリ波帯 (22GHz) 分光放射計を開発し、マイクロ波による水蒸気地上観測網構築の足がかりとすることを目的とするものである。研究項目は (1)22GHz 帯の低ノイズ常温 HEMT 増幅器に一次放射ホーン、高度角変更用回転ミラー、分光計を備えた水蒸気スペクトル線観測用の分光放射計システムを開発する。

(2) 同放射計を水蒸気の 183GHz 帯スペクトル線観測を適宜行っている名古屋大学のアタカマ観測基地 (チリ共和国標高 4,800m) に持ちこみ、観測データの相互検証を行う。

(3) 同放射計を名古屋大学太陽地球環境研究所の陸別観測所に設置し、同観測所でモニタリング観測を進めているオゾン、HCl、メタン等の観測データと総合的な比較を行う。

上記のような開発・観測を通して、成層圏および中間圏における水蒸気変動の実態とそのオゾン変動への影響を明らかにする。

## 2. 研究の進捗状況

観測システム開発では、まず観測高度角の切り替え用回転ミラーを備えた光学系部と常温 HEMT アンブを用いたフロントエンドを開発・製作した。バックエンドとしては、

当初、音響光学型分光計を使用する予定であったが、研究開始直後に関連企業により商品化された 1GHz 帯域のデジタル分光計を使用することに計画を変更し、同分光計に合わせた中間周波数信号処理系の再設計と製作を行なった。受信器システムの雑音温度としては約 160K(SSB)が達成でき、常温観測システムとしては世界最高水準に達する感度を有している。2007 年には名古屋大学の豊川キャンパスの実験室において試験観測をおこない、6 時間程度の積分でアンテナ温度～0.4K のスペクトルが S/N 比～12 で取得できた。3000m 以上の高地でないと観測困難な 183GHz 帯の水蒸気スペクトルとは異なり、大気透過度の高い 22GHz 帯の水蒸気スペクトルは平地に位置する豊川市においても十分な S/N で観測可能であることを実証した。

ただし、0.2-0.4K の信号強度に対し、振幅 2K 程度の周波数ベースラインのうねりが見られ、鉛直高度分布のリトリーバル解析の障害となっていた。そこで中間周波数信号処理系内の適所にアイソレータやアッテネータを挿入し、うねりの原因となる定在波を抑えるようにした。また、回転鏡を前後に周期的に動かす光路長変調機能を附加し、光学系内の反射に起因する定在波を抑えるなどの工夫も施した。また回転鏡や発振機を制御する Linux 計算機から Windows 上で動作するデジタル分光計を制御し、データを取得するプログラムを新たに開発した。今後は観測装置全体の評価・調整を行い、システムとしての完成度を高める。また、チリ共和国・アタカマ高地において検証観測のための環境整備を行うとともに、ミリ波帯での水蒸気およびその同位体の観測研究を進めた。

### 3. 現在までの達成度

#### ②おおむね順調に進展している。

当初計画では2年間の開発期間で実用化を予定していた。これは既存の音響光学型分光計を用いた開発計画であり、実際には、研究開始直後に商品化されたデジタル分光計を導入することとした。導入決定に際しては、まずデジタル分光計が大気観測に要求されるスペックを有するかどうかを検証するための実験系を組みあげ、性能評価を行った結果、周囲温度の変化に影響を受けやすい音響光学型分光計に比べ、2桁以上高い安定性(持続時間)を有することが明らかになった。そこでデジタル分光計の導入を決め、それに合わせた中間周波数信号処理系の再設計を行い、さらにデジタル分光計を観測プログラムに組み込むためのプログラム開発等に時間を要し、結果として約3年の開発期間を費やすこととなった。デジタル分光計は安定だけでなく、調整に特殊なスキルを必要とする音響光学型分光計と異なり、汎用性が高く調整が簡便である。かつ、音響光学型と同じ周波数帯域幅を確保しつつ約16倍高い周波数分解能を有する高い性能を持っている。よってデジタル分光計導入への計画変更は、観測データの信頼性を高める上で極めて大きな意義があり、同分光計の導入に要した1年程度の時間は将来性、発展性を考えると必要不可欠な周り道であったと言える。同分光計の導入過程で我々は多くのノウハウを取得し、その意味で研究は着実に前進している。

#### 4. 今後の研究の推進方策

3年間の開発を通して、初年度の試験観測で問題となったシステム構成部分の要素開発はほぼ終了した。今後はこれらをインテグレートした観測システムとしての総合評価と調整を早急に押し進める。名古屋やアタカマ高地での試験観測を通して完成度を高め、研究期間内で実用機に完成させることを目指す

#### 5. 代表的な研究成果

[雑誌論文] (計 3 件)

① T. Kuwahara, A. Mizuno, T. Nagahama, H. Maezawa, A. Morihira, N. Toriyama, S. Murayama, M. Matsuura, T. Sugimoto, S. Asayama, N. Mizuno, T. Onishi and Y. Fukui, “Ground-based millimeter-wave observations of water vapor emission (183 GHz) at Atacama, Chile”, *Adv. Space, Res.*, 42, 1167-1171, 2008, 査読あり

② T. Nagahama, H. Nakane, Y. Fujinuma, A. Morihira, A. Mizuno, H. Ogawa, and Y. Fukui, “Ground-based millimeter-wave radiometer for measuring the stratospheric ozone over

Rikubetsu, Japan”, *J. Meteor. Soc. Japan*, 85, 495-509, 2008, 査読あり

③ T. Nagahama, A. Mizuno, H. Maezawa, H. Nakane, Y. Fujinuma, A. Morihira, H. Ogawa, and Y. Fukui, “Continuous measurements of the stratospheric and mesospheric ozone by using ground-based millimeter-wave radiometers”, *Proceedings of the International Conference on Submillimeter Science Technology (ICSST 04)*, 2006, 査読あり

[学会発表] (計 4 件)

① A. Mizuno, T. Nagahama, H. Maezawa, T. Kuwahara, N. Toriyama, A. Morihira, H. Nakane, N. Mizuno, and Y. Fukui, “Ground-based millimeter-wave measurements of stratospheric  $H_2^{18}O$  over Atacama highland, Chile”, *Quadrennial Ozone Symposium 2008*, 25 June-5 July, 2008, Tromsø

② T. Kuwahara, A. Mizuno, T. Nagahama, H. Maezawa, N. Toriyama, T. Sugimoto, and M. Matsuura, “A new development of uncooled 22 GHz band spectroscopic radiometer for observations of stratospheric water vapor”, *AOGS 2007 4th Annual Meeting*, 30 July-4 August 2007, Bangkok.

③ A. Mizuno, T. Sugimoto, T. Nagahama, H. Maezawa, T. Kuwahara, M. Matsuura, N. Toriyama, Y. Fukui, N. Mizuno, T. Onishi, H. Nakane, and A. Morihira, “Ground-based millimeter-wave measurements of stratospheric  $H_2^{18}O$  in a subtropical region in the southern hemisphere, Atacama highland in Chile”, *IUGG 24th General Assembly*, 2-13 July, 2007, Perugia.

④ A. Mizuno, T. Nagahama, H. Maezawa, T. Kuwahara, A. Morihira, N. Toriyama, S. Murayama, M. Matsuura, T. Sugimoto, and S. Asayama, “A new mm-wave spectroscopic radiometer for the measurements of stratospheric and mesospheric water vapor isotopomers”, *36th COSPAR Scientific Assembly*, 16-23 July 2006, Beijing.

[その他]

ホームページ

<http://skx1.stelab.nagoya-u.ac.jp/index.html>