

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006～2009

課題番号：18403008

研究課題名（和文） チリ共和国アタカマにおける成層圏・中間圏の水蒸気同位体およびオゾンの観測的研究

研究課題名（英文） Observational study of the stratospheric and mesospheric water vapor isotopomers and ozone over Atacama highland in Chile

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 A

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, 超伝導材料・素子

1. 研究計画の概要

本研究は、南米チリ共和国のアタカマ高地に設置した超伝導ミリ波分光放射計を用い、水蒸気同位体およびオゾンの連続観測を行い、成層圏から中間圏における放射バランスの鍵を握る水蒸気とオゾンの季節変化・経年変化の実態把握とその変動メカニズムの解明を目指している。

上記の目的を達成するため、以下の項目にわたり観測装置の開発とそれを用いた観測を行う。

- (1) 180-210GHz 帯および 250GHz 帯のデュアルサイドバンド受信器用の超伝導素子の低雑音化開発を進める。
- (2) 現有の 180-210GHz 帯大気分子分光観測装置を用いた H₂O および H₂¹⁸O の連続観測を行う。
- (3) 新たな 250GHz 帯大気分子分光観測装置を開発し、水蒸気同位体 HDO のスペクトル観測を行う。
- (4) 亜熱帯域に位置するアタカマ高地における成層圏および中間圏水蒸気とその同位体の高度別季節変動・経年変化等の動態を観測的に明らかにする。

2. 研究の進捗状況

- (1) 180GHz 帯の H₂O スペクトルの検出に成功し、同データより H₂O 混合比の鉛直分布を導出した。また、同観測により、デュアルサイドバンド受信器では H₂O スペクトルのあるシグナルバンドとイメージバンドで大気透過度が大きく異なり、精度の高い大気補正を行うためには受信機のシングルサイドバンド化が必要であることが明らかになった。
- (2) 204GHz 帯の H₂¹⁸O スペクトルの連続観測を 2006 年の 9 月から 12 月の 4 カ月間にわた

り行い、春から夏にかけて高度 40km では約 4%/月で混合比が増加している傾向が見られる一方、高度 50km, 60km では混合比がほぼ一定で推移していることを明らかにした。AURA 衛星のミリ波リムサウンダ (MLS) によって得られた同位置の H₂O のデータでは、高度 50km, 60km はほぼ同様の傾向が見られる一方、40km では混合比が減少している傾向が見られ、春から夏にかけてこの高度で ¹⁸O の同位体偏重度 $\delta^{18}O$ が増加していることを見出した。これは対流圏から成層圏に流入してくる際の水蒸気の輸送に伴う同位体分別では説明が難しく、何らかの化学反応に伴う同位体置換が効いているものと考えられる。

(3) 250GHz 帯観測システムの開発において伝送光学系内のビームパターンを測定するための評価システムを構築し、ビームを集光するための曲面鏡群の設定・調整手法を確立した。またこの測定システムを用いた評価過程で、一次ホーンの問題点が明らかになり、ホーンの再設計・製作を行ない、ほぼ設計通りのビームを得ることができた。現時点で伝送系の損失は 0.35dB、光学系込みのシステム雑音温度は約 100K (DSB) と世界トップクラスの性能を達成した。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

250GHz 帯の超伝導素子開発は順調に進み世界トップクラスの低い雑音温度を達成している。また、実験評価の過程で確立したビーム伝送系の測定手法は汎用性が高く、既存の観測装置の再評価にも適用でき、当初計画以上の成果を得ている。一方、測定手法の確立と同手法を用いた評価試験、および評価試

験を通して新たに明らかになった問題点の解決には当初計画にはない時間を費やすことになったが、一連の評価と改良により観測装置の完成度は飛躍的に向上した。また、同手法を用いることにより、通常は1カ月半以上の作業時間を要するアタカマ高地での設置調整が2週間あまりの短期間で見通しよく完了することができた。さらに計画立案段階ではまだ実用段階になかったデジタル分光計が商品化され、バックエンドとして組み込むことができ、観測装置として当初計画以上のスペックを達成することができた。

一方、アタカマ高地における観測に関しては、180GHz帯の H_2O スペクトルの検出、 $H_2^{18}O$ 混合比や $\delta^{18}O$ の季節変化の発見などの新たな知見を得ており、初期成果としては計画以上の進展を見せた。しかし、H19年度半ばより稼働中の音響光学型分光計の半導体レーザーの発振が不安定となり、データの取得効率が低下した。発振モードの微調整および新たに開発したレーザー発振状態のリアルタイムモニターにより幾分挽回できたものの、質の高いデータによる連続モニター観測のためには、デジタル分光計の導入による抜本的なバックエンドシステムの改良が必要であることが明らかになった。

4. 今後の研究の推進方策

250GHz帯観測においては、アタカマ高地における大気透過度が高く観測条件の良い冬から春に観測を行い、HDOスペクトルの検出を試みる。 $H_2^{18}O$ の連続モニターに関しては、250GHz帯観測装置で実用化したデジタル分光計を200GHz帯観測装置に接続できるように中間周波数信号処理系と観測プログラムの改良を行い、同分光計による安定したデータ取得を目指す。また、これまで取得したすべての $H_2^{18}O$ スペクトルに対してリトリバル解析を行い、2006年のデータに見られた季節変動の再現性や研究年度全体にわたる長期経年変動について明らかにする。

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 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.

③ T. Kuwahara, A. Mizuno, T. Nagahama, H. Maezawa, A. Morihira, N. Toriyama, S. Murayama, M. Matsuura, T. Sugimoto, and S. Asayama, “Ground-based millimeter-wave observations of water vapor emission (183 GHz) at Atacama, Chile”, *AOGS 2006 Third Annual Meeting*, 10-14 July 2006, Singapore.

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>