

平成 30 年 4 月 13 日現在

機関番号：62611

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26800245

研究課題名(和文)南極成層圏の水蒸気量変動が気候に与えるインパクト

研究課題名(英文)Effect of water vapor variations in the Antarctic stratosphere on the climate

研究代表者

富川 喜弘(Tomikawa, Yoshihiro)

国立極地研究所・研究教育系・准教授

研究者番号：20435499

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：対流圏界面領域の水蒸気量変動は大きな放射強制力を持つが、特に南極域において、十分な観測が実施されてこなかった。本研究では、南極昭和基地での水蒸気ゾンデ観測により、南極対流圏界面領域における高精度・高鉛直分解能な水蒸気データを取得することに成功した。得られた水蒸気データと衛星観測データや粒跡線解析を併用することで、南極成層圏における脱水量の年々変動や、脱水・湿潤化過程のメカニズムを明らかにした。本研究の結果は、対流圏の温暖化と成層圏の寒冷化が進む将来の南極において、対流圏界面領域の水蒸気量がどのように変動し、温暖化にどのように寄与するかを知るうえで重要である。

研究成果の概要(英文)：Although water vapor variations around the tropopause have a large radiative forcing, its observation has not been conducted sufficiently, especially in the Antarctic. We successfully obtained accurate water vapor concentration data with high vertical resolution in the Antarctic tropopause region by the balloonborne hygrometer observations at Syowa Station (69S, 40E). Our integrated study based on balloon and satellite observations and a trajectory analysis showed interannual variations of dehydration amount in the Antarctic stratosphere and several kinds of mechanisms contributing to dehydration and rehydration in the Antarctic tropopause region. These results will contribute to predicting water vapor change in the Antarctic tropopause region and estimating its impact on the future climate under the condition of increasing greenhouse gases.

研究分野：中層大気科学

キーワード：水蒸気 南極 極渦 脱水

1. 研究開始当初の背景

温室効果気体の増加に伴う地球温暖化が着実に進行する一方で、北極では温暖化増幅、南極では一部を除き温暖化していないといった非一様性が存在する (IPCC, 2007)。特に南極域は、地球上の淡水の約 9 割を保持する南極氷床に覆われ、他の地域とは異なる応答を示すとともに、その変動は全球の海水準に大きな影響を及ぼす。さらに、温室効果気体の増加だけでなく、南極オゾンホールが発達・衰退という特殊要因が、南極域における温暖化の予測を困難にしている。

一方で、数ある温室効果気体の中でも、下部成層圏の水蒸気量の変化は大きな放射強制力を持ち、1980~90年代の増加、および2000年以降の減少は、それぞれの期間の地表気温トレンドを3割程度増減させたと考えられている (Solomon et al., 2010)。そのため、下部成層圏水蒸気量の変動の監視と予測が、将来の地球温暖化の定量的予測に必須となっている。

これまで、下部成層圏における水蒸気観測は、衛星観測とゾンデや航空機による in-situ 観測によって行われてきた。しかし、水蒸気量は対流圏界面近傍で高度と共に大きく変動するため、鉛直分解能の低い衛星観測ではその変動を高精度で捉えることが難しい。ゾンデや航空機による in-situ 観測の多くは中低緯度域で行われており、特に南極域での観測例は少ない (Vömel et al., 1995)。

2. 研究の目的

南極昭和基地における2013年と2016年の水蒸気ゾンデ観測データ (2013年は代表者自身が実施、2016年は研究代表者として計画)を中心に、ラジオ・オゾン・エアロゾルゾンデや大型大気レーダー、レイリーライダーといった昭和基地のその他の測器と、客観解析データ、衛星データ等を組み合わせ、南極対流圏界面近傍の水蒸気分布の変動の実態とそのメカニズムを解明する。

3. 研究の方法

(1) 南極昭和基地において水蒸気ゾンデ・オゾンゾンデによる観測を実施し、上部対流圏から下部成層圏における水蒸気やオゾンの高精度・高鉛直分解能な濃度データを取得する。

(2) Aura衛星搭載MLSによる水蒸気・オゾン観測データを用いて、上記ゾンデ観測データとの相互検証と、成層圏における脱水量の見積もりを行う。

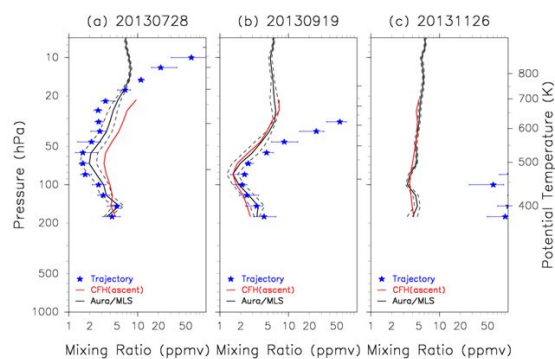
(3) 気象再解析データから渦位と等価緯度を求め、南極下部成層圏の空気塊が冬季極渦の内部・境界領域・外部のどの位置にいたかを判定する。

(4) 粒跡線解析により、観測された空気塊

の起源と軌跡上での脱水量を見積もるとともに、移動経路と気象擾乱との関係を調べる。

4. 研究成果

(1) 2013年7月、9月、11月に南極昭和基地 (南緯69.0度、東経39.6度)において水蒸気ゾンデ観測を実施し、高度28km付近までの水蒸気濃度を高精度・高鉛直分解能で測定することに成功した。水蒸気ゾンデ観測と昭和基地近傍の衛星観測で得られた水蒸気濃度はそれぞれの誤差の範囲内でほぼ一致した。昭和基地の成層圏の極渦境界に対する位置は日時・高度によって変化していた。観測された空気塊の10日間の後方粒跡線を調べたところ、昭和基地上空の下部成層圏で観測された低水蒸気濃度の空気塊は大部分が過去10日間のうちに脱水されていたことがわかった。一方で、2013年7月の観測では、再蒸発または不十分な脱水を受けたと考えられる空気塊が25hPa付近で捉えられていた。

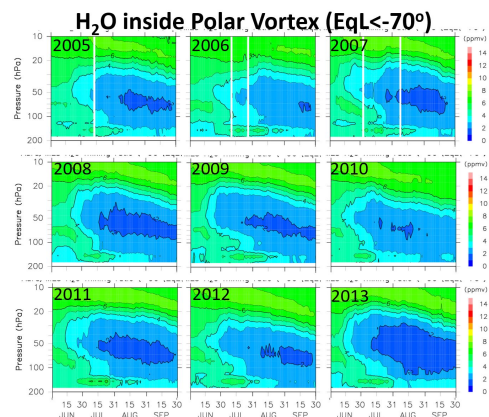


(Tomikawa et al., 2015)

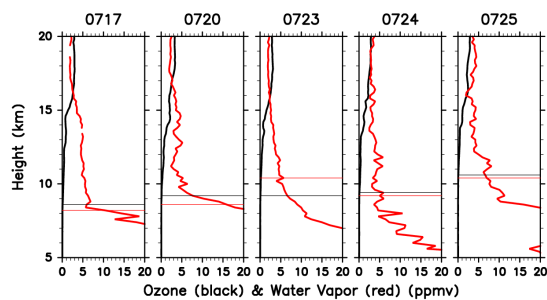
(2) Aura衛星搭載MLSにより観測された南極成層圏の水蒸気量と、粒跡線解析により推定された水蒸気量との比較により、冬季南極成層圏における脱水を定量的に見積もることに成功した。その結果、

- 脱水は6~8月の120-20hPaで発生
- 脱水された空気塊は9月以降まで低濃度を維持
- 氷粒の落下と再蒸発に伴う湿潤化は6~7月の150hPa付近で発生

することを明らかにした。これらの結果は、南極下部成層圏における水蒸気量の鉛直分布が極低温となる冬季極渦内の脱水と再蒸発過程に強く依存することを示している。



(3) 2016年7月に南極昭和基地において、7回の水蒸気ゾンデ・オゾンゾンデ同時観測、14回のオゾンゾンデ観測を実施し、冬季南極対流圏界面近傍における水蒸気とオゾンの急激な高度変化と両者の関係を捉えることに成功した。上部対流圏では2回の観測において高濃度水蒸気を持つ空気塊を捉え、粒跡線解析と気象場の解析の結果、中緯度下部対流圏から低気圧前面の上昇流によって昭和基地上空の上部対流圏まで高濃度水蒸気を持つ空気塊が輸送されていたことがわかった。また、2例のうち1例では上昇中に水蒸気の凝結(・降水)とそれに伴う非断熱加熱が起こっていたが、もう1例では断熱的な移流が卓越していた。



5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

1. Tomikawa, Y., K. Sato, N. Hirasawa, M. Tsutsumi, and T. Nakamura, Balloon-borne observations of lower stratospheric water vapor at Syowa Station, Antarctica in 2013, *Polar Sci.*, 査読有, 9, 345-353, doi:10.1016/j.polar.2015.08.003, 2015.

[学会発表](計19件)

1. Tomikawa, Y., M. Kohma, M. Takeda, and K. Sato, Moistening of the Antarctic upper troposphere observed by balloonborne water vapor measurements, ISAR-5, Tokyo, Jan. 2018.
2. Tomikawa, Y., M. Kohma, M. Takeda, and K. Sato, Moistening of the Antarctic upper troposphere via the warm conveyor belt, The Eighth Symposium on Polar Science, NIPR, Dec. 2017.
3. Tomikawa, Y., M. Kohma, M. Takeda, and K. Sato, Balloonborne ozone and water vapor measurements around the Antarctic tropopause region in winter of 2016, Joint SPARC Dynamics & Observations Workshop, Kyoto, Oct. 2017.
4. 富川喜弘, 高麗正史, 武田真憲, 佐藤薫,

水蒸気・オゾンゾンデ観測で捉えられた南極上部対流圏の湿潤化プロセス, 東南極で検出される気候変動に関する研究集会、極地研、2017年9月.

5. Tomikawa, Y., M. Kohma, M. Takeda, and K. Sato, Fine vertical structure of the Antarctic tropopause region in winter of 2016 obtained by balloonborne ozone and water vapor observations, IAPSO-IAMAS-IGA Joint Assembly 2017, Cape Town, Aug. 2017.
6. 富川喜弘, 59次水蒸気・気温基準ゾンデ観測計画, 南極エアロゾル研究会、極地研、2017年7月.
7. 富川喜弘, 高麗正史, 武田真憲, 佐藤薫, 南極昭和基地におけるオゾン・水蒸気ゾンデ集中観測(速報), 日本気象学会2017年度春季大会、代々木、2017年5月.
8. 富川喜弘, 58次水蒸気・気温基準ゾンデ観測計画, 南極エアロゾル研究会、極地研、2016年8月.
9. Tomikawa, Y., Dehydration processes inside the Antarctic polar vortex, 2nd COSPAR symposium Water and Life in the Universe, Foz do Iguacu (Brazil), Nov. 2015.
10. Tomikawa, Y., Lagrangian analysis of dehydration processes inside the Antarctic polar vortex, Asian Conference on Meteorology 2015, Kyoto Univ., Oct. 2015.
11. 富川喜弘, 佐藤薫, 高麗正史, 中村卓司, 堤雅基, 平沢尚彦, 南極成層圏水蒸気の長期観測, 第7回南極観測シンポジウム、東京、2015年9月.
12. Tomikawa, Y., Trajectory-based analysis of dehydration processes inside the Antarctic polar vortex, AOGS2015, Singapore, Aug. 2015.
13. 富川喜弘, 高麗正史, 57次水蒸気・オゾンゾンデ観測計画, 南極エアロゾル研究会、極地研、2015年7月.
14. 富川喜弘, 2013年の南極下部成層圏における脱水過程, 日本気象学会2015年度春季大会、つくば、2015年5月.
15. Tomikawa, Y., Dehydration process inside the Antarctic polar vortex in 2013, The 13th PANSY workshop, NIPR, Mar. 2015.
16. Tomikawa, Y., K. Sato, M. Tsutsumi, T. Nakamura, and N. Hirasawa, Balloon-borne Observations of Lower Stratospheric Water Vapor at the Antarctic Syowa Station, AMS 18th Conference on Middle Atmosphere, Phoenix (USA), Jan. 2015.
17. 富川喜弘, 佐藤薫, 堤雅基, 中村卓司, 平沢尚彦, 南極下部成層圏の水蒸気量変動, 第5回極域科学シンポジウム、極地研、2014年12月.

18. 富川喜弘、佐藤薫、堤雅基、中村卓司、平沢尚彦、南極昭和基地における 2013 年水蒸気ゾンデ観測、日本気象学会 2014 年度秋季大会、福岡、2014 年 10 月.
19. 富川喜弘、佐藤薫、堤雅基、中村卓司、平沢尚彦、南極昭和基地における下部成層圏水蒸気観測、日本地球惑星科学連合 2014 年大会、横浜、2014 年 5 月.

〔図書〕(計 1 件)

1. 富川喜弘、南極の対流圏界面と成層圏 - 対流圏大気交換、気象研究ノート 第 233 号「南極氷床と大気物質循環・気候」第 1 部第 7 章(135-146 頁)、日本気象学会、全 452 頁、2017.

〔産業財産権〕

なし

出願状況(計 0 件)

なし

取得状況(計 0 件)

なし

〔その他〕

ホームページ等

<http://polaris.nipr.ac.jp/~tomikawa/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

富川 喜弘 (TOMIKAWA, Yoshihiro)

国立極地研究所・研究教育系・准教授

研究者番号：20435499

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

なし