

南極昭和基地における水蒸気ゾンデ観測の提案

Proposal of balloon-borne hygrometer measurements at Syowa Station

富川 喜弘 [1]; 平沢 尚彦 [1]; 藤原 正智 [2]; 佐藤 薫 [3]

Yoshihiro Tomikawa[1]; Naohiko Hirasawa[1]; Masatomo Fujiwara[2]; Kaoru Sato[3]

[1] 極地研; [2] 北大地環研; [3] 東大院理

[1] NIPR; [2] EES, Hokkaido Univ.; [3] U. Tokyo

地表から高度約 10km までの対流圏には、固相、液相、気相それぞれの水が大量に存在する。一方、高度 10~50km の成層圏には、体積混合比 2~7ppmv という超低濃度の水蒸気が存在するのみである（極成層圏雲は除く）。にも関わらず、成層圏水蒸気濃度の僅かな増加は大きな放射強制力を持ち、地上気温への影響は他の温室効果気体に匹敵する（Shindell, 2001）。逆に成層圏では、水蒸気濃度の増加は寒冷化を引き起こす。水蒸気濃度の増加と成層圏の寒冷化は、いずれも冬季極域に現れる極成層圏雲の発生を促進し、オゾンホール拡大をもたらす。また、成層圏水蒸気は O(1D) との反応によって OH ラジカルを生成するため、成層圏水蒸気濃度の増加は HO_x サイクルによるオゾン破壊を増大させる。このように、成層圏水蒸気量の変動は、地球温暖化とオゾン層破壊の双方と密接に関連している。

成層圏における低水蒸気濃度は、成層圏での水蒸気観測を著しく困難にする。特に、地上に較べて分圧が 4~5 桁程度低くなるため、地上からの観測は難しい。世界中の 900 点以上の定常観測点で行われているラジオゾンデ観測では、1 日 2 回相対湿度の鉛直プロファイルが得られる。しかし、ラジオゾンデに搭載されている湿度センサーの感度は -50 くらいまでしか無いため、せいぜい高度 8（極域）~12（熱帯）km 付近までしか観測できない。水分子からのラマン散乱を用いて水蒸気濃度の鉛直プロファイルを測定するラマンライダーも、高度約 10km より上層については観測できない。それに対して、赤外放射の水蒸気による吸収や水蒸気からのマイクロ波放射を人工衛星から測定し、水蒸気濃度を求める観測も行われている。人工衛星観測は全球の水蒸気分布を得られるという利点があるものの、鉛直分解能（> 2km）が粗く、対流圏界面のような濃度勾配の大きな領域での観測には適さない。また、衛星データのリトリバルはエアロゾルの影響を強く受けるため、火山噴火等に伴うエアロゾル濃度の増加が起こると、データの信頼性・連続性が落ちる問題がある。したがって、成層圏における水蒸気濃度を高精度・高鉛直分解能で測定するには、測定器を現場に持っていく in situ 観測が必要となる。航空機を用いた in situ 観測としては、観測用の航空機を用いた各種キャンペーン観測と、定期路線の航空機を用いた観測が行われている。しかし、キャンペーン観測では長期の変化を捉えることはできず、定期路線を用いた観測は定期便の無い南極域では行われていない。また、水蒸気ゾンデを用いた in situ 観測を長期（> 10 年）にわたって定期的に行っているのは、ボルダー（アメリカ）における NOAA（+ NRL）のチームだけである。

衛星観測、及びボルダーでの水蒸気ゾンデ観測に基づく解析により、1970 年代から 2000 年にかけて成層圏の水蒸気濃度が年々増加していることが明らかとなっている（SPARC, 2000）。一方、2001 年以降は逆に成層圏の水蒸気濃度が減少しているという報告もある（Randel et al., 2006）。成層圏水蒸気濃度の経年変化は、1）メタンの増加、2）熱帯対流圏界面の温度変化、3）子午面循環の経路・速度変動等の影響の非線形な重ね合わせとなるため、経年変化の解釈も予測も難しい。オゾンホールの将来予測等に使用される化学気候モデルにおいても、過去から現在にかけての成層圏水蒸気濃度の経年変化を正しく再現しているものは無く、オゾンホールの将来予測の不確実性の原因となっている（e.g., Austin et al., 2003）。また、上記の水蒸気濃度の経年変化は基本的に熱帯から中緯度（< 緯度 60 度）にかけての観測結果であり、極域（> 緯度 60 度）における水蒸気濃度の経年変化はよくわかっていない。

このような背景を踏まえ、我々は南極昭和基地における水蒸気ゾンデ観測を提案する。極域成層圏における水蒸気濃度は、熱帯・中緯度における水蒸気濃度を決定するメカニズムに加えて、極域特有のメカニズムにも依存する。また、熱帯・中緯度に較べて極域成層圏での観測例は少なく、極域における水蒸気濃度の経年変化を追跡する観測点が必要とされている。従って、南極昭和基地における水蒸気ゾンデ観測は、科学的な成果が期待できると同時に、中層大気のコミュニティにも大きく貢献するものとなる。