

鏡面冷却型露点計 SnowWhite による熱帯対流圏・下部成層圏水蒸気観測

Water vapor measurement in the tropical troposphere to lower stratosphere using a chilled-mirror hygrometer SnowWhite

藤原 正智[1], 塩谷 雅人[2], 長谷部 文雄[3], Holger Voemel[4], Samuel J. Oltmans[5], Paul W. Ruppert[6]

Masatomo Fujiwara[1], Masato Shiotani[2], Fumio Hasebe[3], Holger Voemel[4], Samuel J. Oltmans[5], Paul W. Ruppert[6]

[1] 京大・宙空, [2] 宙空電波, [3] 茨大・理・地球, [4] コロラド大, [5] NOAA/CMDL, [6] メテオラボ
[1] RASC, Kyoto Univ, [2] RASC, [3] Env. Sci., Ibaraki Univ, [4] Colorado Univ, [5] NOAA/CMDL, [6] Meteolabor

熱帯下部中部対流圏の水蒸気は、降水過程を通して気象変動、水収支に中心的役割を果たしていることは言うまでもない。また、熱帯上部対流圏・下部成層圏の水蒸気は、放射収支、エアロゾル・雲物理、オゾン光化学等において重要な役割を果たしているし、成層圏対流圏大気交換・輸送問題においてはオゾンと並び鍵となる物質である。従って、様々な季節・経度帯における高頻度で継続的な測定が望まれる。下部中部対流圏においては、高層気象観測に用いられている薄膜コンデンサ - による Vaisala Humicap などの相対湿度計が手軽に利用できるが、雲中や雲を抜けた後の測定に疑問が残るなど、用途によっては重大な問題が生じ得る。上部対流圏以高になると、相対湿度計は感度の問題などで測定不能となるため、利用可能な測定器は極端に少なくなる。研究者が個々に開発した航空機・気球搭載型測定器で幾つか実用化されているものはあるが、いずれも大がかりな機器であり、運用コストや技術的問題により、限られたキャンペーンで使用されてきたのみである。また、人工衛星や地上からのリモートセンシング技術によりこの高度領域の水蒸気濃度を評価する試みも精力的になされてきているが、上述のように " その場 " 測定機器の現状から見ても、その測定精度の評価には極めて難しいものがある。

スイスの Meteolabor (メテオラボ) 社では、ラジオゾンデ・ゴム気球搭載用の鏡面冷却型露点温度計 (通称 SnowWhite) の開発・販売を 1996 年から行ってきている。測定原理は、外気に触れた小さい鏡の温度をペルチエ素子を用いて露点温度に冷やし、水蒸気分圧や相対湿度の高度分布を連続的に得るというものである。鏡面上の霜の状態は、ランプと光ファイバ - ~ 光強度計を用いてモニターし、冷却強度へフィードバックする。鏡は熱電対の一方をなすように二枚の薄い金属を張り合わせて作っており、鏡自体が薄くて小さい温度計であるという優れた設計になっている。鏡の周辺には、同時にヒータも搭載しており、雲内では全水量を測定する。SnowWhite は、Humicap 等の高層気象観測用相対湿度計に対する参照機器となる可能性と、上部対流圏以高の水蒸気分布を手軽に高精度で測定できる機器として確立される可能性が強く期待されており、近年幾つかのグループが取り組みを始めている。

我々は、Soundings of Ozone and Water in the Equatorial Region Pacific Mission (SOWER/Pacific) の一環として、2000 年初頭から二年間、熱帯の三地点、ガラパゴス諸島、キリバス共和国クリスマス島、インドネシアで、異なる季節に SnowWhite による観測を合計 54 回行ってきた。我々の観測システムは、SnowWhite と ECC オゾンゾンデと Vaisala RS80 ラジオゾンデを TMAX-C interface board を介してつなぎ、RS80 の送信器を利用して地上ヘデータを送るというものである。従って、Vaisala Humicap-A との同時観測が 22 回、Humicap-H とが 32 回ある。また、2000 年 11、12 月にはガラパゴスで、2001 年 11、12 月にはインドネシアで、NOAA/CMDL の鏡面冷却型露点計 (冷媒使用) との同時比較観測も行い、SnowWhite の上部対流圏以高での測定の妥当性を検討した。なお、太陽による迷光と contamination/outgassing の問題を避けるため、ほとんどの観測は夜間に行われている。さらに、2000 年 8 月には、名古屋大学太陽地球環境研究所の真空チャンバ - を用いた実験も実施した。

Vaisala Humicap-A/H については、これまでの研究から、測定可能範囲は、Humicap-A では気温-30C (熱帯では高度約 10km) まで、Humicap-H では気温-50C (約 12km) までであることが知られている。そこで、SnowWhite の露点データから相対湿度を算出し、Humicap の測定可能範囲において両者を比較した。SnowWhite と Humicap-A との比較では、50%未満においては両者はよく一致したが、50%以上においては、湿っている程 (今回の場合、地表から約 4km まで) ずれが大きい (80%で、5%程度 Humicap-A の方が低い) という傾向が季節・場所を問わず見られた。一方、SnowWhite と Humicap-H との比較では、全相対湿度値でよい一致が見られた。

上部対流圏、対流圏界面領域においては、まだ十分量の同時比較観測を行っていない。また、下部成層圏においてはまだ明らかに高すぎる水蒸気混合比値を出すことが多い。ただし、気温に依存させた霜変化検出ゲインの導入などによって、対流圏界面領域については少なくとも定性的には悪くない高度分布を示す観測例も出つつあり、引き続き改良作業を続けている。