

JEM 搭載差分吸収ライダーによる上部対流圏 / 下部成層圏水蒸気分布観測の検討 Feasibility Study on Observation of Water Vapor between Upper Troposphere and Lower Stratosphere using DIAL on JEM

阿保 真^{1*}, 長澤 親生¹, 内野 修², 柴田 隆³, 永井 智広⁴

Makoto Abo^{1*}, Chikao Nagasawa¹, Osamu Uchino², Takashi Shibata³, Tomohiro Nagai⁴

¹ 首都大学東京, ² 国立環境研究所, ³ 名古屋大学, ⁴ 気象研究所

¹Tokyo Metropolitan University, ²NIES, ³Nagoya University, ⁴MRI

地球大気中の水蒸気の温室効果に対する寄与は 60%と、二酸化炭素の 26%やオゾンの 8%を大きく凌いでいる。IPCC 第 4 次評価報告書によると、人為起源の CO₂ の増加により気温が上昇すると、飽和水蒸気量が増加することによる大気中の水蒸気量が増加し、温室効果が加速される「水蒸気フィードバック」によって、温暖化が顕著になる可能性も指摘されている。その一方で、水蒸気が増加が雲の発生量を高め、「日傘効果」による温暖化の抑制も指摘されている。しかしながら、これらの可能性は、地球大気中の水蒸気分布の精度の高いデータが不足しているために、研究者による温暖化に対する数値のばらつきが大きい。

成層圏の水蒸気量に限定すると、衛星観測データからここ 10 年間は減少傾向を示し、NOAA の Solomon et al.(2010) は、これが 21 世紀の温暖化の鈍化の原因と主張している。しかしながら、現状では温暖化の議論に耐える地球全域に亘る水蒸気分布の観測データが不足しており、精度の高い議論はできていない。

気候システムにおいて、水蒸気は中心的な役割を担っているが、その役割が十分解明されていないことが、予測精度のばらつきに現れている。気候モデルの課題の 1 つは、水蒸気プロセスを正確に説明し、現実的な三次元放射、雲、降水をパラメータ化することである。これは、個々の対流スケール現象を予測する数値予報においても同様である。更に水蒸気は、地表面の放射バランスや大気の冷却速度のような重要な天気要素に直接影響を与える。

SPARC リポート (WCRP 2000) では、世界的な水蒸気分布を上部対流圏から下部成層圏領域で得ることを求めており、特に圏界面領域では高い垂直分解能が必要であるとされている。これは、成層圏/対流圏交換の理解を向上させるために必要である。水蒸気は、OH ラジカルの生成を通して、重要な化学プロセスにも関与している。(Warneck 1988) これら水蒸気的重要性から、世界的な水蒸気分布データの質の向上が必要である。これは、長期の気候変動解析と短期の数値予報どちらにも有用である。

「きぼう」船外実験プラットフォーム (JEM) 搭載水蒸気測定用差分吸収ライダーで全地球的な水蒸気計測を行うことにより、水蒸気フィードバックプロセスの理解を進めることが科学的意義のポイントであり、これにより、地球温暖化シナリオで現実的な水蒸気増加レベルをシミュレーションすることが可能となる。

現在の水蒸気計測は、地表面や船での直接測定、ラジオゾンデ観測、地上リモートセンシングシステム (ライダー、分光計、GPS によるトータル量測定)、衛星による受動的な赤外線とマイクロ波センサーによる測定が行われているが、いずれも空間及び時間分解能に問題がある。さらにこれらを組み合わせたとしても、上部対流圏・下部成層圏の境界領域に空白域が生じる。また、衛星観測では水平方向のカバー領域は広いが、鉛直分解能が不十分である。グローバルな水蒸気循環を定量的に評価するためには、精度、垂直分解能及びカバーレンジが不足している。

また、最もデータが豊富なラジオゾンデデータは、低温領域における湿度センサーの不正確さも問題である。パッシブセンサーのバイアス除去の問題もある。地球の 3 分の 2 が海であることから、宇宙からのリモートセンシングが水平、垂直及び時間分解能を確保する唯一の方法である。しかし、従来は大気の循環を決める風と温度の計測が優先され、水蒸気の計測は進んでいない。現在の数値モデルでは、対流圏の 1 km の層を 1.5K の精度で再現できるが、対照的に比湿の 6 時間予報値の相対誤差は 20-40% になる (English 1999)。全地球大気モデルの鉛直分解能は境界層附近の 100m から成層圏の 1km の間にある。しかし、現在の水蒸気観測データはこれより荒く、逆に水蒸気や雲はしばしばこれより狭い層構造を形成する。

JEM 搭載と対流圏界面高度の水蒸気量の観測を考慮した場合は、レーザーの効率が良く、かつより吸収量の大きい 945nm 又は 1350nm 付近の吸収線を利用した水蒸気測定用差分吸収ライダーを提案する。1350nm 付近の吸収線を利用した測定誤差のシミュレーション結果によると、高度分解能 1km、地表付近から高度 20km まで、3 つの吸収線を用いることにより誤差 10% 以下で計測可能なことがわかった。

参考文献

1. Solomon, S., et al., Science, Dot: 10.1126 (2010).

2. Warneck, P., Chemistry of the Natural Atmosphere. International Geophysics Series, Vol.14, Academic Press, 757, 1988.

3. English, S.J., J. Appl. Meteor.,38, 1526-1541, 1999.

4. ESA, WALES -Water Vapour Lidar Experiment in Space-, ESA SP-1279(3), 2004.

キーワード: 水蒸気, 上部対流圏, 下部成層圏, ライダー, きぼう船外実験プラットフォーム
Keywords: water vapor, upper troposphere, lower stratosphere, lidar, JEM