

ラマンライダーによる水蒸気の昼夜連続観測および数値予報モデルへの水蒸気同化

関西電力株式会社 非会員 高橋 真弘

財団法人 レーザー技術総合研究所 非会員 染川 智弘

株式会社 気象工学研究所 正会員 ○佐藤 悠

1. はじめに

近年、日本では豪雨の発生頻度が増加する傾向にある。局地的かつ短時間に発生する豪雨の予測には、降雨が発生する前の大気中の水蒸気量を事前に把握することが重要となる。無降雨時の大気状態は、レーダーでは観測が困難であるが、レーザーを用いることで観測が可能となる。これまでにラマンライダーによる大気中の水蒸気の観測を実施し、得られた水蒸気分布を数値予報モデルWRFに同化することで予報モデルに与える影響を評価してきたが¹⁾、観測システムの制約上、豪雨が発生しやすい昼間の観測は行えていなかった。そこで本研究では、水蒸気の昼夜連続観測を行うために観測システムを改良し、昼夜の水蒸気分布が数値予報モデルに与える影響を検討した。図1に、研究フローを示す。

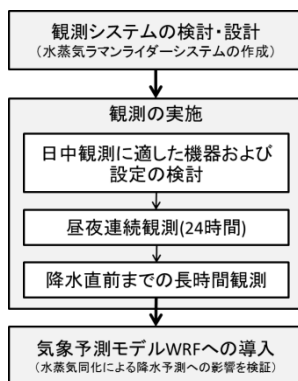


図1 研究フロー

2. 水蒸気ラマンライダーの改良

図2に観測機器の概観を示す。レーザーは波長355nm、出力0.8W、パルス幅10ns、パルス繰り返し10Hzであり、望遠鏡の測部から鉛直上向きに打ち上げている。大気からの散乱光は直径30cmの望遠鏡で集め、ダイクロイックミラー、干渉フィルターを用いてN₂、H₂Oのラマン波長に分離し、フォトマルで観測した。測定はオシロスコープ(N₂)、トランジェントレコーダー(H₂O)を用いて5分間隔で2500回積算信号を連続取得している。なお、観測は大阪大学吹田キャンパスで実施した。



図2 観測機器（ラマンライダー）

3. 水蒸気混合比推定手法

観測により得られるN₂、H₂Oの散乱強度 I_{N_2} 、 I_{H_2O} を用いて、以下の式から大気中の水蒸気混合比（Mixing Ratio、以下MR）を算出した。

$$MR(g/kg) = C \times (I_{H_2O} / I_{N_2})$$

※ C = 地上付近のMR × (地上付近の I_{N_2} / 地上付近の I_{H_2O})

なお観測は鉛直1次元方向で行い、水蒸気の鉛直プロファイルを3.75m間隔で取得した。

4. 昼夜連続観測結果

図3に、水蒸気混合比の昼夜連続観測結果（2012年10月9日9時～10日9時）を示す。観測期間中は雲も少なく、晴れ間が続いていた。観測結果から、日中は観測可能範囲が約600mまでと夜間に比べ低くなるが、日中観測が可能であることが示された。夜間は約1500mまで観測可能であった。

キーワード レーザー、ラマンライダー、降雨予測、水蒸気、データ同化

連絡先 〒550-0003 大阪市西区京町堀1丁目8番5号 ㈱気象工学研究所 TEL06-6441-1022 <http://www.meci.jp>

高度 1800m 付近に、水蒸気混合比の変化が大きい時間帯（17 時および 6 時）が見られるが、前後の状態や観測日における気象概況からこのような水蒸気混合比の増減は考えられにくい。日没・日の出により背景光が急激に変化することによる影響だと考えられる。

以上、データの扱いに注意すべき点はあるが、昼夜を問わず連続した観測が可能であることがわかった。

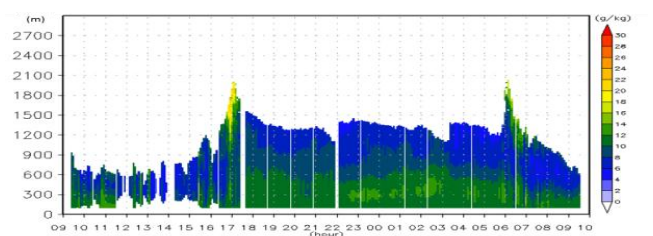


図 3 水蒸気混合比 高度－時間断面図
(2012 年 10 月 9～10 日)

5. 数値予報モデルへの水蒸気同化

降水直前までの水蒸気観測結果を数値予報モデルへ同化し、同化効果の評価を行った。モデルは WRF (Weather Research and Forecasting Model) Ver.3.2.1 を用いた。同化手法は、WRF FDDA(Four-Dimensional Data Assimilation)の Obs-Nudging を使用した。表 1 に WRF の各種設定値、表 2 に同化の際に設定したパラメータ値を示す。WRF の初期値および境界値は NCEP-FNL を使用した。

表 1 WRF 設定値一覧

設定名		設定値
計算開始時刻		2012年10月22日9時
計算終了時刻		2012年10月23日3時
計算領域数		3領域
格子サイズ・格子数	第1領域	18km・51格子
	第2領域	6km・61格子
	第3領域	2km・73格子
計算範囲中心の緯度・経度		北緯34.69度、東経135.5度
鉛直方向の格子数		27格子

表 2 同化パラメーター一覧

パラメータ	値
ナッジング間隔	60分に1回
ナッジング係数	0.0003 (1/秒)
水平方向の影響半径	60(km)
鉛直方向の影響範囲	0.005(sigma)
時間窓	0.666667(hours)

同化に使用する観測結果（図 4 左上）は、2012 年 10 月 22 日 14:30～23:30 の 9 時間のうち、5 時間分（15～19 時）を使用した。観測により得られた毎正時のデータを用い、全 5 時刻分（15 時～19 時）のデータとして

高度 45m 間隔で WRF に同化した。なお、23:45 頃には観測地点周辺で雨が降り始めた。WRF による水蒸気混合比計算結果を図 4 左（中・下）に示す。コントロールラン（同化無し）の時点で観測値と良い整合を示していたため、同化効果は顕著に見受けられなかった。また、図 4 右に 2012 年 10 月 23 日 0 時における観測地点周辺の雨量分布図を示す（上：X バンド MP レーダーによる観測値、中・下：WRF による予測値）。雨量の予測結果は観測（X バンド MP レーダー）と比べていずれも過小評価であった。今回は一地点の水蒸気混合比観測結果を同化に用いたが、観測地点を増やし、より多くの地点の水蒸気混合比を同化することで、雨量の推定精度が向上すると考えられる。

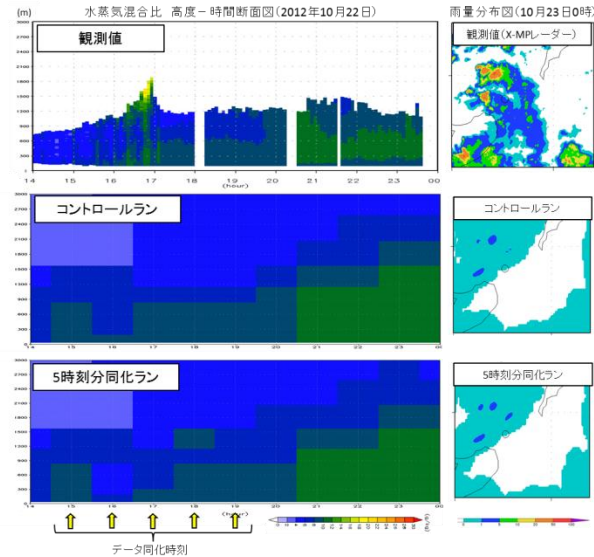


図 4 水蒸気混合比(高度－時間断面図)および雨量分布図

6. まとめ

レーザーを用いた観測システム『ラマンライダー』を開発し、水蒸気の鉛直 1 次元観測を行った。測器を改良することで昼夜連続観測が可能となった。また、観測値を数値予報モデル WRF に同化し、同化による数値予報モデルへの影響の評価を行った。今後の課題として、水蒸気混合比観測地点を増やした場合における数値予報モデルへの同化効果を検討することが考えられる。

参考文献

1) 佐藤悠・高橋真弘・染川智弘：ラマンライダーによる水蒸気観測および数値予報モデルへの水蒸気同化，平成 24 年度土木学会全国大会第 67 回年次学術講演会，II -136, 2012.