

## 水蒸気ライダーとドップラーライダーによる東京湾岸における 海風の観測 – 2017年8月19日の局地的大雨事例 –

酒井 哲<sup>1</sup>、吉田 智<sup>1</sup>、永井智広<sup>1</sup>、川畑拓矢<sup>1</sup>、小司禎教<sup>1</sup>

<sup>1</sup>気象研究所 (〒355-0052 茨城県つくば市長峰 1-1)

### Sea breeze front observations with water vapor Raman lidar and Doppler lidar at Tokyo Bay -Case study of local heavy rainfall on 19 August 2017-

Tetsu SAKAI<sup>1</sup>, Satoru YOSHIDA<sup>1</sup>, Tomohiro NAGAI<sup>1</sup>, Takuya KAWABATA<sup>1</sup>, and Yoshinori SHOJI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Meteorological Research Institute, 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305-0052

**Abstract:** The frequency of localized heavy rainfall has been increasing in Japan for the last forty years. However, the detailed process on the initiation of deep convection that causes local heavy rainfall has not been well understood because partly of lack of the observational data on the water vapor and wind fields and their evolution. To improve our understanding of this process, the vertical distributions of water vapor, aerosols and clouds, and horizontal wind were measured using a automated compact mobile Raman lidar and a Doppler lidar during the passage of a sea breeze front (SBF) on 19 August 2017 at Tokyo Bay when local heavy rainfall occurred inland. Furthermore, a simulation using the Japan Meteorological Agency nonhydrostatic model was performed to study the evolution of the SBF and its influence on the initiation of deep convection. These results demonstrate that the lidar measurements are useful to validate the model and improve our understanding of initiation of the convection that can cause local heavy rainfall.

**Key Words:** water vapor lidar, Doppler wind lidar, sea breeze front, local heavy rainfall

#### 1. はじめに

東京湾から上陸する海風は、海上から内陸へ多量の水蒸気を輸送するため、首都圏に局地的大雨をもたらす積乱雲を発生させる要因の一つと考えられている<sup>1)</sup>。しかし、これまで海風前線通過前後の水蒸気と風の分布を同時に連続観測した例は少なく、その構造や積乱雲発生に対する影響は十分に分かっていない。そこで我々は 2017~2019 年の夏季に東京湾岸に機動観測型の水蒸気ライダーを設置し、水蒸気鉛直分布の連続観測を行った。本発表では、首都圏で局地的大雨が降った 2017 年 8 月 19 日の事例について、水蒸気ライダー及び空港気象ドップラーライダーによる観測結果を報告する。さらに、気象庁非静力学モデルを用いたシミュレーションを行い、海風が積乱雲の発生と局地的大雨に与えた影響について調べた結果を報告する。

#### 2. 観測の概要

水蒸気ラマンライダー (RL) は、気象研究所で開発した機動観測型のもので<sup>2)</sup>、川崎市浮島において夏季に連続観測を行った。空港気象ドップラーライダー (DL) は三菱電機社製のもので、羽田空港において常時観測を行っている (Fig. 1, □)。

気象庁非静力学モデル (JMA-NHM)<sup>3)</sup> で計算された同日 10 時にライダー観測点周辺の上空高度 0.25 km を通過した空気塊の流跡線 (図 1 灰色線) を見ると、空気塊は相模湾から東京湾上空を通過してライダー上空を通過し、その後内陸に向かって進行したと考えられる。アメダスでは 16~18 時に八王子、世田

谷、練馬で激しい雨を観測した。

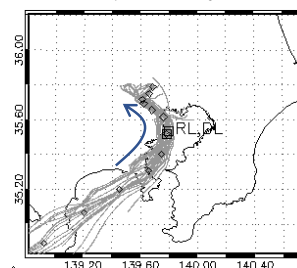


Fig. 1 Observation sites of Raman lidar and Doppler lidar (□). Gray lines show NHM-computed air mass trajectories passing 0.25 km-height over the lidars at 10JST. The open diamonds (◇) show the location of air mass every hour on the hour before and after 10JST.

#### 3. ライダー観測結果

図 2 に RL で観測した水蒸気混合比(a)とエアロゾル・雲の濃度に対応する波長 355 nm 後方散乱強度 (b)、DL で観測した風ベクトルから VAD 法を用いて求めた水平風速(c)の高度-時間断面図を示す。図 2c から、10 時頃に高度 0.2 km 以下で北西に向かう成分が強まっており、この時に海風前線の先端が観測点を通過したと考えられる。このことは、ドップラー風速の水平分布からも確認できた (図 3)。高度 0.5 km 以下の水蒸気混合比は、海風前線の通過後に 1~2g/kg 減少した (図 2a)。17~18 時過ぎにかけて下層雲が厚くなり降水もあったため、RL の観測高度は 0.5 km 以下に低下した。また散乱強度分布 (図 2b)

から、海風前線通過前は 0.3 km 以下にあった雲底高度が、通過後には 1 km 以上まで上昇した。

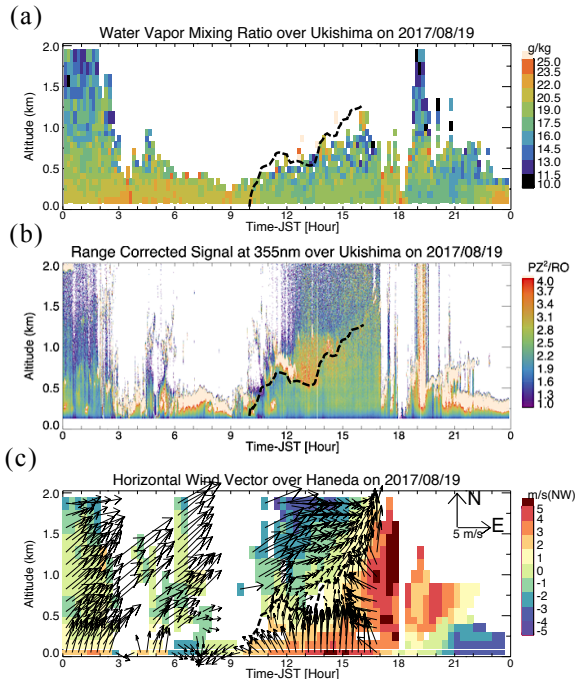


Fig. 2 Temporal and vertical cross sections of lidar-derived (a) water vapor mixing ratio, (b) range-corrected backscatter at 355 nm, and (c) horizontal wind vector (arrows) and the northwestward wind speed (color scale) on 19 August 2017. The vectors show before 17JST to ease seeing inside the sea breeze. Dashed lines show the height of sea breeze estimated from cloud base height shown in Fig. 2b.

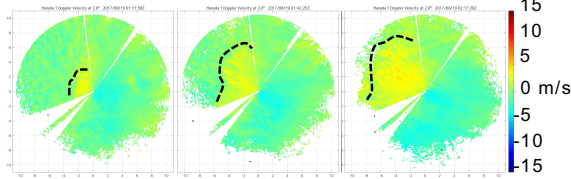


Fig. 3 Horizontal distributions of Doppler wind speed obtained with Doppler lidar at 10:11, 10:42, and 11:17 JST on 19 August 2017 over Haneda. The elevation angle was 2 degrees and the radius of circle is 10 km.

#### 4. 数値シミュレーションによる考察

海風が積乱雲発生に及ぼす影響を調べるため、Fig. 4 に JMA-NHM で計算された同日 15 時における相当温位（暖湿空気の指標）と雲水量、風ベクトルのモデル高度 194 m の水平分布(a)および Fig 4a の A-B に沿った水平-高度断面図 (b) を示す。相当温位が 355 K 以上の湿った海風が東京湾から内陸へ侵入していることが分かる (Fig. 4a)。その先端部には上昇流があり、高度 1.5~2.5 km に対流性の雲が発生した (Fig. 4b)。この雲は、海風によって運ばれた暖かく湿った空気塊が、北西の降水域から吹く冷気外出流に乗り上げ、水蒸気が凝結することによって生

じたものと考えられる。その後、この雲から降水が起きた。この降水域はレーダー観測とほぼ対応した。この結果から、東京湾から上陸した海風は、局地的大雨の一部として寄与したと推定される。

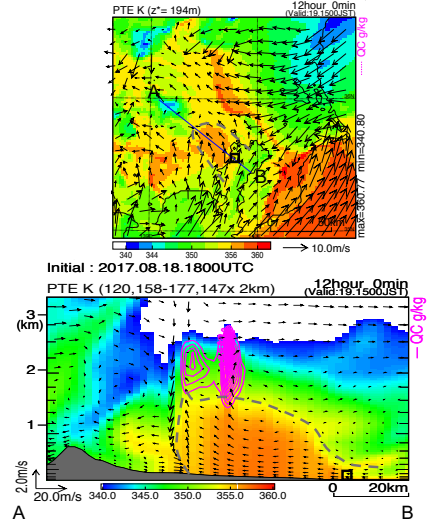


Fig. 4 (a) Horizontal and (b) vertical cross sections of equivalent potential temperature (color filled contour), cloud water content (magenta line contour), and wind vector (arrows) simulated with NHM at 15JST on 19 August 2017. Solid line A-B in Fig. 4a is along the vertical cross section of Fig. 4b. Open squares show the measurement site. Dashed lines show the isentropes of 355 K.

#### 5. まとめと今後の課題

水蒸気ライダーとドップラーライダーにより、東京湾から上陸する海風前線通過前後の鉛直分布を観測した。海風前線は 10 時頃にライダー観測点を通り、通過前は高度 0.3 km 以下にあった雲底が高度 1.0 km 以上に上昇した。高度 0.5 km 以下の水蒸気混合比は、海風通過後に 1~2 g/kg 減少した。数値シミュレーションによると、海風は上陸後に東京都中央部で冷気外出流とぶつかり対流雲を発達させたことから、局地的大雨の一部として寄与したと推定された。今後は他の観測データも参考にして、海風の積乱雲発生に対する力学的な寄与と、水蒸気の供給源としての寄与を明らかにしたい。

#### 謝辞

空港気象ドップラーライダーデータを気象庁観測部から提供頂いた。本研究の一部は科研費 17H00852, 19H01983 の助成を受けた。

#### 参考文献

- 1) 藤部文昭ほか：天気 **49** (2002) 395-405.
- 2) Sakai, T., T. Nagai, T. Izumi, S. Yoshida, Y. Shoji: Atoms. Meas. Tech. **12** (2019) 313-326.
- 3) Saito, K., et al.: Mon. Wea. Rev. **134**, 1266-1298.