

# APDによるマイクロパルス差分吸収ライダーによる水蒸気の観測結果

内保 裕一<sup>1</sup>, 松木 一人<sup>1</sup>, 竹内 栄治<sup>1</sup>, 長谷川 壽一<sup>1</sup>, 阿保 真<sup>2</sup>

<sup>1</sup>英弘精機(株) (〒151-0072 東京都渋谷区幡ヶ谷 1-21-8)

<sup>2</sup>東京都立大学 (〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6)

## Water vapor observation with micro-pulse DIAL using APD

Yuichi UCHIHO<sup>1</sup>, Kazuto MATSUKI<sup>1</sup>, Eiji TAKEUCHI<sup>1</sup>, Toshikazu HASEGAWA<sup>1</sup> and Makoto ABO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>EKO INSTRUMENTS CO., LTD, 1-21-8 Hatagaya, Shibuya-ku, Tokyo 151-0072, Japan

<sup>2</sup>Tokyo Metropolitan Univ., 6-6 Asahigaoka, Hino, Tokyo 191-0065

**Abstract:** To obtain the predictive information of localized heavy rain or linear rainband is critical in reducing water disasters. Water vapor profiling using a compact lidar system is expected for understanding the atmospheric conditions. The previous LSS, we reported the observation results with a micro-pulse DIAL, which is developed by using NIR diode lasers. To improve observation capabilities of the DIAL system, we tried several modifications on the receiver system including adaption of APD, and the observation results of water vapor profiles will be presented.

**Key Words:** Water vapor, micro pulse DIAL, NIR, APD

### 1. はじめに

近年、深刻化する線状降水帯等の豪雨災害による被害の低減には、早期に大雨の発生を予測することで避難等の対応を促すことが重要となる。早期予測のためには、鉛直方向の水蒸気量を高い時空間分解能で計測可能な水蒸気ライダーの活用が期待されている。我々は、小型で原理的に校正が不要な水蒸気ライダーであるマイクロパルス差分吸収ライダー(DIAL)を開発しており、水蒸気量の高度分布の測定結果を報告した。本発表ではさらなる精度向上および可測高度の改善のため、検出器を光電子増倍管(PMT)からアバランシェフォトダイオード(APD)に変更するなどの受光系の改良を検討した。発表では、開発中のDIAL装置で得られた水蒸気量のラジオゾンデとの比較結果および連続観測結果を報告する。

### 2. DIALの装置構成

本研究で開発したDIAL装置の主な仕様をTable 1に、構成図をFig. 1に示す。DIAL装置は、送信部、望遠鏡、光検出部、データ処理部で構成されている。光源として波長829 nmの2つの分布反射型(DBR)レーザーとテーパ型半導体光アンプ(TSOA)を用い、水蒸気の吸収量が異なる2波長のパルス光を交互に出射させる。レーザー光の波長は、波長計でモニタしながら駆動電流でフィードバック制御することで安定化させている。直径35cmの望遠鏡で受光された散乱光は干渉フィルタおよびエタロンを透過した後、APDのフォトンカウ

Table 1 Specifications of DIAL

Lasers	DBR laser + TSOA
Wavelength	829.180 nm (On line) 829.110 nm (Off line)
Pulse energy	4 $\mu$ J
Pulse duration	1 $\mu$ sec
Repetition rate	10 kHz
Telescope	Schmidt Cassegrain
Telescope diameter	35 cm
Telescope field of view	230 $\mu$ rad

ンティングで検出される。水蒸気量は、2 波長の散乱光比の高度方向の微分値と、HITRAN データベースで得られた水蒸気の吸収断面積を用いて算出される<sup>2-3)</sup>。

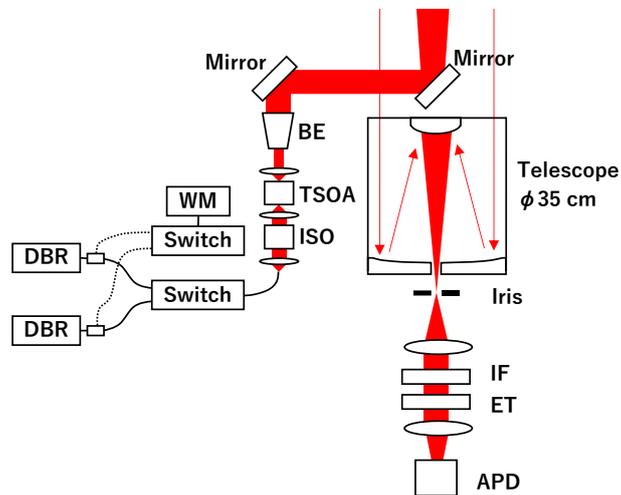


Fig. 1 Schematic setup of micro pulse DIAL. DBR: distributed Bragg reflector laser; WM: wavelength meter; ISO: Faraday isolator; TSOA: tapered semiconductor optical amplifier; BE: beam expander; IF: interference filter; ET: solid etalon; APD: avalanche photodiode.

### 3. ラジオゾンデとの比較

測定は英弘精機(株)本社屋上 (35.7°N, 139.7°E, 標高 50 m) にて実施され、同じ場所からラジオゾンデを放球し、DIAL で得られた水蒸気プロファイルと比較した。日本時間 2022 年 5 月 4 日の 12:00 および 19:30 の比較結果を Fig. 2 に示す。エラーバーは水蒸気の統計誤差を示している。DIAL では時間で 20 分間、高度 150m の積算値を用いた。ラジオゾンデとはおおむね整合的な結果となっており、昼間は太陽光による背景光の影響のため測定可能高度が 1,200m 程度であった。一方、夜間では背景光の影響がないため高度 3,000m 程度までラジオゾンデと一致する結果が得られた。

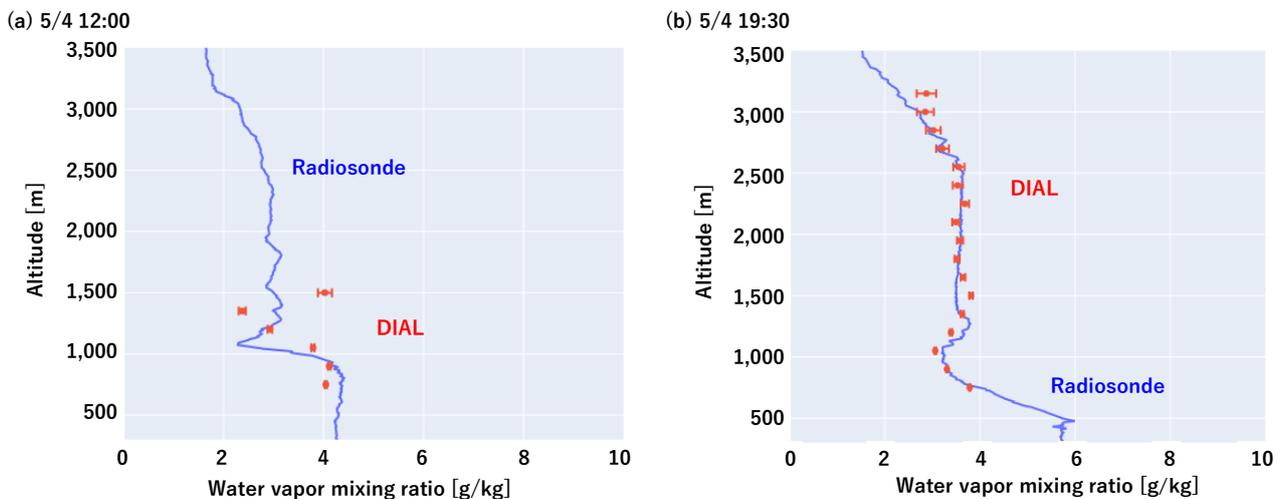


Fig. 2 Vertical water vapor mixing ratio profiles obtained by DIAL and radiosonde in (a) daytime (JST 5/4 12:00) and (b) nighttime (JST 5/4 19:30). Error bars represent statistical error of water vapor mixing ratio.

#### 4. 水蒸気量の連続測定

4月26日から5月18日までの約3週間の水蒸気混合比プロファイルおよびOFF波長の散乱光プロファイル(背景光除去および距離二乗補正)を Fig. 3 に示す. 高度方向の移動平均を 150m とした以外は Fig. 2 と同様の処理方法とした. 大気境界層内の水蒸気量の時空間変動を連続的に捉えることができた. また, 雲が低い場合などを除き, 昼間では 1,200m 程度まで, 夜間では最大 3,000m 程度まで水蒸気プロファイルを観測できた.

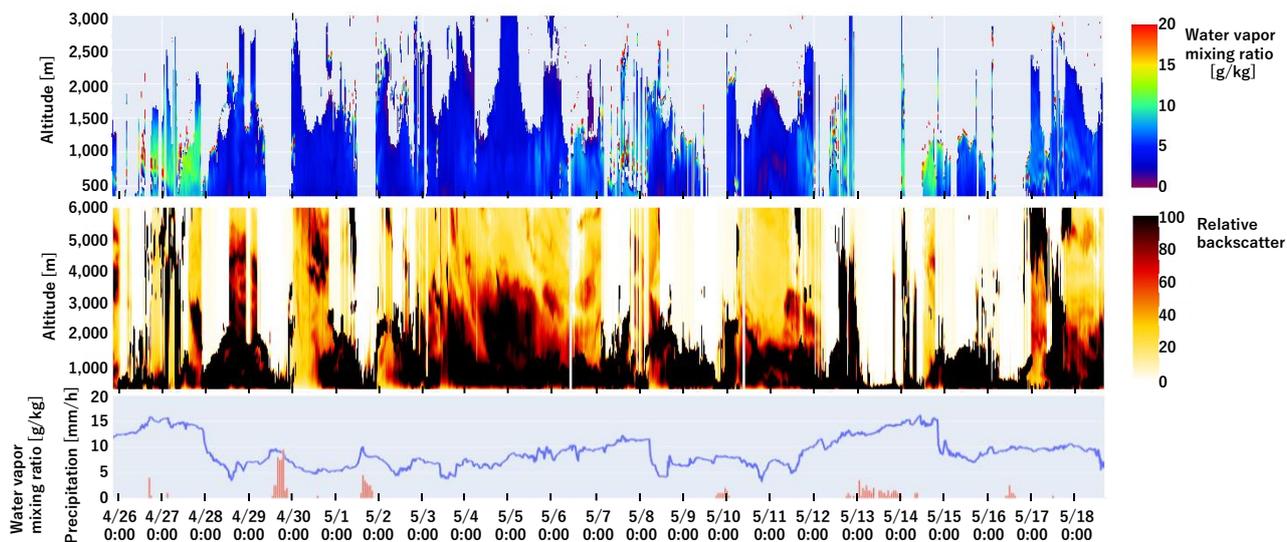


Fig. 3 Continuous observation data from 4/26 to 5/18. Top panel: water vapor mixing ratio in g/kg; middle panel: relative backscatter signal after background subtraction for off-line wavelength; bottom panel: water vapor mixing ratio (g/kg) and precipitation (mm/h) obtained with the ground sensor co-located with the DIAL system.

#### 5. まとめと今後の展望

DIAL 装置を用いて水蒸気量を計測し, ラジオゾンデとおおむね整合する結果が得られた. また, 約3週間の連続測定の結果から昼間では高度 1,000m 前後, 夜間では最大 3,000m 程度まで観測できた. 今後は, 最低可測高度を 300m 程度まで低減させるためにさらなる受光系の改良を目指す. さらに, 本 DIAL 装置による水蒸気量データをドップラーライダーによる風向・風速と組み合わせることを検討していく.

#### 参考文献

- 1) 内保裕一ほか, 第 39 回レーザーセンシングシンポジウム, B3 (2021).
- 2) Spuler, S. M. *et al.*, *Atmos. Meas. Tech.*, 8(3), 1073-1087 (2015).
- 3) Gordon, I.E. *et al.*, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.*, 203, 3-69 (2017).