

# ゴビ砂漠のライダーネットワークが捉えた 寒冷前線システムによるダスト層の発生と発達

河合 慶<sup>1,2</sup>, 甲斐 憲次<sup>1,3</sup>, 神 慶孝<sup>4</sup>, 杉本 伸夫<sup>4</sup>, Dashdondog Batdorj<sup>5</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学 (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町)

<sup>2</sup>日本学術振興会 特別研究員 PD

<sup>3</sup>茨城大学 (〒310-8512 茨城県水戸市文京 2-1-1)

<sup>4</sup>国立環境研究所 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2)

<sup>5</sup>モンゴル気象環境監視庁 (〒210646 Juulchny gudamj-5, Ulaanbaatar, Mongolia)

## Occurrence and development of a dust layer by a cold frontal system captured by the lidar network in the Gobi Desert

Kei KAWAI<sup>1,2</sup>, Kenji KAI<sup>1,3</sup>, Yoshitaka JIN<sup>4</sup>, Nobuo SUGIMOTO<sup>4</sup>, and Dashdondog BATDORJ<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi 464-8601, Japan

<sup>2</sup> Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science

<sup>3</sup> Ibaraki University, 2-1-1, Bunkyo, Mito, Ibaraki 310-8512, Japan

<sup>4</sup> National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506, Japan

<sup>5</sup> National Agency for Meteorology and Environmental Monitoring, Juulchny gudamj-5, Ulaanbaatar 210646, Mongolia

**Abstract:** The Gobi Desert is one of the major source regions of Asian dust. This study firstly combined a ceilometer and two AD-Net lidars in the desert into a lidar network. A dust event was caused by a cold frontal system over the desert on 22–23 May 2013. A dust layer was moving across the desert with the cold frontal system and developing up to the free troposphere. The mechanism of this development can be explained by the combination of two processes as follows: (1) continuous emission of dust from the desert surface to the atmospheric boundary layer (ABL) by the strong wind around the cold front and (2) continuous transport of the dust from the ABL to the free troposphere by the updraft of the warm air in the cold frontal system. This mechanism can contribute to the long-range transport of Asian dust by the westerlies in the free troposphere.

**Key Words:** Asian dust, the Gobi Desert, ceilometer, lidar network

### 1. はじめに

アジアダスト(黄砂)は東アジア内陸部の乾燥地域で発生し、上空の自由対流圏に到達すると、偏西風によって長距離輸送される<sup>1,2,3</sup>。主要な発生源の一つであるゴビ砂漠では、ほとんどのダストイベントが寒冷前線活動に起因する<sup>4,5</sup>。従って、寒冷前線システムによるダストの舞い上げとその鉛直構造について明らかにする必要がある。そこで、ゴビ砂漠のライダーネットワークを用いて、寒冷前線の通過に伴って発生した2013年5月22~23日のダストイベントについて解析を行った。

### 2. 観測・データ

ゴビ砂漠のライダーネットワークは3地点(現在4地点)から成る(Fig. 1)。ゴビ砂漠中央部のダランザドガドには名古屋大学のシーロメーター(簡易型ライダー; Vaisala CL51; 波長 910 nm)<sup>6,7,8</sup>が、ゴビ砂漠東部のサインシャンドとザミンウドには、国立環境研究所のAD-Netライダー(波長 532, 1064 nm; 前者の波長では偏光も測定)<sup>9,10</sup>が設置されている。本研究では、これらをライダーネットワークとして初めて利用した。気象解析には、ラジオゾンデ観測データ、NCEP FNL 客観解析データ、HYSPLITモデルの流跡線解析<sup>11</sup>)などを利用した。

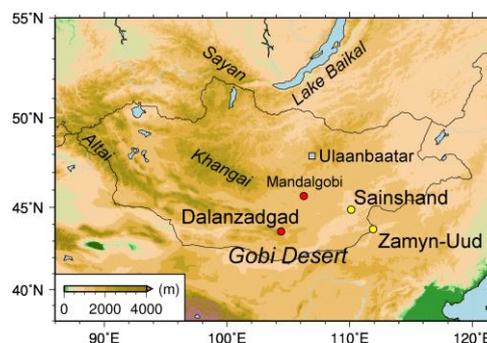


Fig. 1: Topographic map of Mongolia. The circles filled with red and yellow show the observation sites of the lidar network in the Gobi Desert.

### 3. 結果・考察

2013年5月22~23日、ゴビ砂漠では寒冷前線の通過に伴って、ダストが舞い上がった。この寒冷前線はダランザドガド、サインシャンド、ザミンウドの順に通過した(Fig. 2)。ダランザドガドでは、寒冷前線周辺の強風(6–10 m/s)によってダストストームが発生した(Fig. 3a)。一部のダストは寒冷前線面上の暖気の上昇流によって、高度1.6 kmまで持ち上げられた。その後、サインシャンドとザミンウドでは、ダスト層が高度4.0 km付近まで拡大し、雲と混合した(Figs. 3b, 3c)。ダストが侵入したとみられ

る雲域では偏光解消度が高く、ダストが氷晶核として働いたことが示唆される<sup>12)</sup>。

以上の結果から、本ダストイベントにおいて、寒冷前線面上のダスト層は、寒冷前線システムとともにゴビ砂漠を通過する間に自由対流圏まで発達したことが分かった (Fig. 4)。この発達メカニズムは、(1) 寒冷前線周辺の強風による砂漠地表面から大気境界層へのダストの継続的な供給と、(2) 寒冷前線システムにおける暖気の上昇流による大気境界層から自由対流圏へのダストの継続的な輸送、という2つのプロセスから成る。また、寒冷前線が砂漠上を通過する間は、地表面からダストが連続的に供給されるため、地上から自由対流圏まで一繋ぎのダスト層が形成されることが明らかになった (Fig. 5a)。一方、寒冷前線が砂漠域を抜け、地上からのダストの供給がなくなると、上空に孤立したダスト層が形成される (Fig. 5b)。

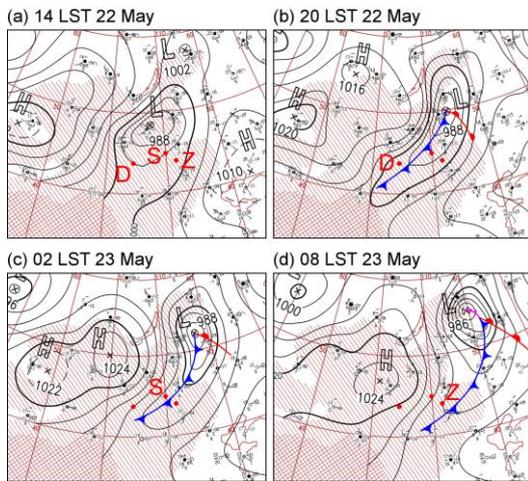


Fig. 2: Surface weather maps around Mongolia on 22–23 May 2013 provided by Japan Meteorological Agency. The red dots show the locations of Dalanzadgad (D), Sainshand (S), and Zamyn-Uud (Z).

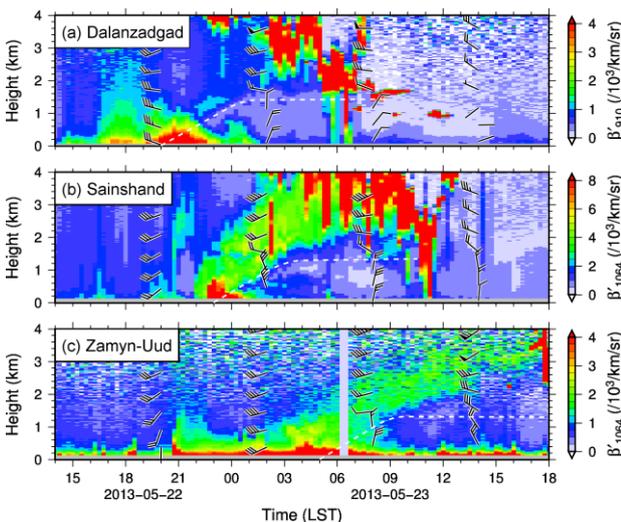


Fig. 3: Time-height cross sections of the attenuated backscatter coefficients observed by the lidar network in the Gobi Desert. The horizontal winds obtained from the NCEP FNL data are also shown. The full barbs indicate the wind speed of 4 m/s. The white broken lines show the top of the cold air.

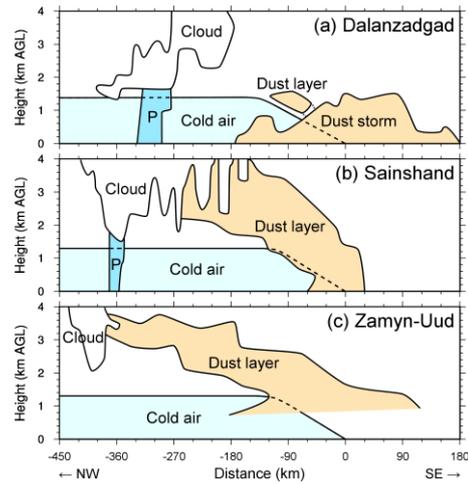


Fig. 4: Observational models at each observation site during the dust event. The distance of 0 km indicates the cold front. The letter P means precipitation.

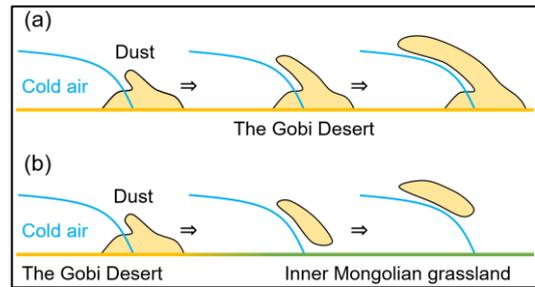


Fig. 5: Difference in the development of a dust layer by a cold frontal system over different land surfaces.

#### 4. まとめ

ゴビ砂漠のライダーネットワークを用いて、2013年5月22～23日に発生したダストイベントにおける、寒冷前線システムによるダスト層の発生と発達に関するメカニズムを明らかにした。今後、同様の事例を複数解析することで、このメカニズムの体系化を目指す。本研究は科研費(16H02703, 18J12795)の助成を得た。

#### 参考文献

- 1) Kai et al., 1988: *J. Meteor. Soc. Japan*, **66**, 457–472.
- 2) Hara et al., 2009: *Atmos. Chem. Phys.*, **9**, 1227–1239.
- 3) Uno et al., 2009: *Nature Geosci.*, **2**, 557–560.
- 4) Shao and Wang, 2003: *Meteorol. Z.*, **12**, 187–196.
- 5) Takemi and Seino, 2005: *J. Geophys. Res.*, **110**, D18S11.
- 6) Jin et al., 2015: *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, **153**, 49–56.
- 7) Kawai et al., 2015: *SOLA*, **11**, 156–159.
- 8) Kawai et al., 2018: *J. Meteor. Soc. Japan*, **96**, 255–268.
- 9) Sugimoto et al., 2008: *Proc. SPIE*, **7153**, 71530A.
- 10) Shimizu et al., 2016: *Opt. Eng.*, **56**, 031219.
- 11) Stein et al., 2015: *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **96**, 2059–2077.
- 12) Isono et al., 1959: *J. Meteor. Soc. Japan*, **37**, 211–233.