



岡山大学
OKAYAMA UNIVERSITY



東京大学
大気海洋研究所
Atmosphere and Ocean Research Institute
The University of Tokyo

北海道大学総務企画部広報課
〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目
TEL 011-706-2610 FAX 011-706-2092
E-mail: kouhou@jimu.hokudai.ac.jp
URL: <http://www.hokudai.ac.jp>

黄砂観測の判定精度向上に資する観測的手法を提案！

研究成果のポイント

- ・ 黄砂は、健康への影響リスクが議論されており^{文献1)}、正確な予報と情報提供が重要。
- ・ 2016年3月7日、黄色いモヤが北海道に到達する様子がNASAの衛星で確認されたが、気象庁の目視観測では、当日21時前後に一時的に札幌で「煙霧」の報告があったものの「黄砂」の報告はなかった。札幌市のPM_{2.5}濃度は、当日昼過ぎから弱く上昇開始したが、ピークは夕方6時以降で、PM_{2.5}の観測データのみを見ると黄砂は夜に飛来したと誤解されてしまう可能性があった。
- ・ 本研究で札幌市及び滝川市に設置した安価なエアロゾルセンサーは同日昼過ぎの黄砂到来のタイミングをよく捉えており、他の観測データ等と合わせて黄砂が昼過ぎから飛来したと結論づけられた。
- ・ 今後、エアロゾルセンサーの改良と他の観測データ等を組み合わせることで、従来の目視観測より、より客観的に、比較的手軽に黄砂を高精度で検知・判別することが可能になることが期待される。

研究成果の概要

2016年3月7日、北海道に到達する黄色いモヤがNASAの衛星画像で確認され、夜間にはPM_{2.5}濃度の上昇も札幌市内で観測されました。気象庁は恒常的に黄砂の目視観測を行っておりますが、この日は煙霧が21時前後に一時的に観測されたものの、黄砂を観測したとの報告はありませんでした。今回、安成哲平助教らの北海道大学、気象庁気象研究所、国立環境研究所、東京大学、岡山大学、米国NASAによる国内外複合研究チームは、北海道大学構内（札幌市）及び滝川市スカイパーク内に設置された複数の大気汚染観測機器による観測データ、大気汚染の時空間分布を議論できる最新全球グリッド再解析データ（NASAが作成したMERRA-2）^{注1)}、更に札幌市で測定されているPM_{2.5}のデータを組み合わせることで解析し、本事例が、黄砂の飛来による大気汚染イベントであると結論づけました。特に観測に使用した神栄テクノロジー社製のエアロゾルセンサー^{注2)}は、黄砂飛来開始のタイミングを知るのに有効であることがわかりました（一方、黄砂飛来の全体的特徴を捉えるには、センサーの特性上、まだ問題点が多いことも同時にわかりました）。

黄砂は春によく知られた自然発生の大気汚染ですが、人々の健康やその対策を考える上でも正確な予報と情報の提供が大切です。今後、このエアロゾルセンサーの更なる改良や、本研究で使用した観測データ等の併用により、従来の目視観測から、より客観的に黄砂を検知できるようになると期待されます。

なお、本研究は、北海道大学大学院工学研究院と低温科学研究所との共同研究の下で行われ、研究の一部は、科学研究費助成事業 基盤研究(C) (16K06551)によって支援されました。また、株式会社神栄テクノロジーからエアロゾルセンサーについての有益な情報を提供していただきました。

MERRA-2 及び衛星画像は NASA が作成したものを使用し、北海道大学札幌キャンパス内の AERONET^{注3)} 観測は NASA と北海道大学大学院工学研究院の共同事業として行われ、現在も観測を継続しています。また PM_{2.5} のデータは環境省によって維持・管理されているものを使用しました。

論文発表の概要

研究論文名 : An unreported Asian dust (Kosa) event in Hokkaido, Japan: A case study of 7 March 2016 (報告されなかった北海道への黄砂輸送イベント : 2016 年 3 月 7 日のケース)

著者 : 安成哲平^{1,2}, 庭野匡思³, 藤吉康志⁴, 清水 厚⁵, 早崎将光^{5,6}, 青木輝夫^{3,7},

Arlindo M. da Silva⁸, Brent N. Holben⁸, 的場澄人⁴, 村尾直人¹, 山形 定¹, Kyu-Myong Kim⁸

(¹北海道大学大学院工学研究院, ²北海道大学北極域研究センター, ³気象庁気象研究所, ⁴北海道大学低温科学研究所, ⁵国立環境研究所, ⁶東京大学大気海洋研究所, ⁷岡山大学大学院自然科学研究科, ⁸アメリカ航空宇宙局 (NASA))

公表雑誌 : Scientific Online Letters on the Atmosphere (SOLA)

公表日 : 日本時間 2017 年 6 月 1 日 (木) (オンライン公開)

研究成果の詳細

(背景)

黄砂は日本では春の風物詩としてよく知られていますが、先行研究などで子供の喘息などの肺疾患への黄砂による影響が議論されており^{文献1)}、黄砂飛来の情報を正確に捉えることはとても重要です。しかしながら、気象庁の目視観測では黄砂を捉えきれないケースも過去にありました^{文献2-4)}。本研究では、衛星画像で北海道に到達する黄砂と思われるモヤが確認できるものの、気象庁による黄砂の観測報告がなかった (http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/kosahp/kosa_table_2016.html) 2016 年 3 月 7 日を対象とし、安成哲平助教らの研究チームの北海道大学構内 (札幌市) 及び滝川市での大気汚染観測機器から得られたデータ及び NASA 作成の全球グリッド再解析データを用いて、客観的手法による黄砂判別解析を試みました。

(研究手法)

2016 年 3 月 7 日を中心に、観測データ及び NASA の再解析データ (MERRA-2)^{注1)} の解析を行いました。観測データは、安成助教らが観測を行っている北海道大学構内に設置した「センサステーション (SS) のエアロゾルセンサー^{注2)} による粒子個数濃度 (PNC)」、 「AERONET^{注3)} によるエアロゾルの粒径分布」、 「光学式気中パーティクルカウンター (OPC) KC-01D^{注4)} による PNC」、 及び滝川市スカイパーク内に設置された「上記エアロゾルセンサーによる PNC」と「ライダー^{注5)} による鉛直方向 (地上から上空) のエアロゾル情報」を使用しました。また、札幌市で測定されている環境省の PM_{2.5} の速報値データ (<http://soramame.taiki.go.jp/>) も使用しました。NASA 作成の大気エアロゾルも含んだ最新の全球グリッド再解析データ (MERRA-2)^{注1)} を使用し、黄砂の発生状況及び輸送過程について解析を行いました。

なお、本研究で使用したエアロゾルセンサーは、0.3 μm (マイクロメートル。1 マイクロメートルは、1 ミリメートルの 1/1000 の大きさ) 以上と 0.5 μm 以上の 2 粒径サイズで測定ができますが、現在販売しているエアロゾルセンサー^{注2)} や、本研究における OPC との互換性を考慮し、黄砂判別解析には、0.5 μm 以上の粒径サイズのデータを使用しました。

(研究成果)

NASA の MERRA-2 によるダストエアロゾル等のデータ解析から、2016 年 3 月 7 日に北海道へ到達した黄色いモヤは、おそらく黄砂(ダスト)であり、3 月 3 日から 4 日にかけてゴビ砂漠域で発生し(タクラマカン砂漠でも同時発生)、低気圧活動によって北海道まで運ばれてきたことがわかりました(図 1)。一方、観測データを見ると、北海道大学構内(札幌市)及び滝川市スカイパーク内に設置されたエアロゾルセンサーによる粒子個数濃度(PNC)は、3 月 7 日の昼頃から増加し午後 2 時頃からピークを迎えました(図 2a)。この時、滝川市に設置されたライダーでも非球形のエアロゾル粒子(ダスト)が増え始め(図 3)、北海道大学構内の NASA AERONET でも粗大粒子サイズのエアロゾルが午後 2 時前に顕著に見られました(図 4)。これらの独立した観測から黄砂(ダスト)が昼過ぎから飛来していたことを示唆する情報が得られました。

これらから総合的に判断すると、この事例は黄砂であり、7 日の昼過ぎに北海道西部域(札幌市・滝川市)に飛来開始したと考えられます。一方、OPC(KC-01D)による PNC や札幌市内の PM_{2.5} は昼過ぎから増加を開始しているものの、増加率はエアロゾルセンサーによる粒子個数濃度より弱く、夕方 6 時以降にピークを迎えたため、PM_{2.5} サイズの微小ダスト粒子が夕方 6 時以降には多かったことがわかりました(図 2b)。しかしこのことは同時に、PM_{2.5} の観測データのみしか利用できない場合、夜に黄砂飛来が開始したという間違った理解を市民に与える可能性があったと考えられます。しかしながら、本研究で使用したエアロゾルセンサーは、黄砂の飛来開始をはっきりと捉えており(図 2a)、黄砂飛来開始のタイミングを判断するには非常に有効なセンサーであることがわかりました。

ただし、夕方以降に微小粒子がより高濃度になった際の黄砂輸送の特徴は、エアロゾルセンサーの検出限界やその他の特性などからうまく捉えられなかった可能性があり、今後の更なる開発・改良が必要です。以上の複合的なデータ解析により、気象庁の目視観測では黄砂との報告がなかった本事例について、独自の観測から最終的に黄砂と判別することができました。

(今後への期待)

北海道大学を北日本の大気汚染常時モニタリング観測拠点化(大気汚染観測スーパーサイト化)するために、現在、観測機器を整備しているところです。これらの観測機器による観測データを解析することで、黄砂を高精度に判別できた意義はとても大きいです。本研究で用いた滝川市設置のライダーも現在は北海道大学構内に移設されたことから^{注5)}、今後は本学構内で他の観測データと同様にライダーの観測データも使用できるようになりました。先日ニュースなどでも話題になった 2017 年 5 月 7 日の黄砂も、本学に設置されたライダーで捉えています(<http://www-lidar.nies.go.jp/Sapporo/archives/170507-170511.png>)。

しかしながら、本研究で使用したエアロゾルセンサーは、黄砂開始時のタイミングはよく捉えられることがわかったものの、高濃度時の粒子個数濃度の検出に限界があるなどの問題もあり、今後の改良が必要です。具体的には、観測機器の整備と同時に機器自体の改良を行い観測の精度を上げていく必要があります。将来的には、越境大気汚染等に関心のある道内外の方々や、国内外の研究者等が利用できるよう、大気汚染モニタリングデータを本学から提供していきたいと考えています。

お問い合わせ先

北海道大学大学院工学研究院 助教 安成 哲平(やすなり てっぺい)

TEL : 011-706-6872 FAX : 011-706-6872 E-mail : t.j.yasunari@eng.hokudai.ac.jp

[用語解説]

注1) NASA が作成した最新全球グリッド再解析データ (MERRA-2)

米国 NASA Goddard Space Flight Center で開発されている地球全体を数値シミュレーションで再現する全球数値モデル (GEOS-5) に衛星などの観測データを組み合わせた (データ同化という) データセット (<https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/MERRA-2/>)。地球全体を細かい3次元のグリッドボックスに分け、大気エアロゾルや気象観測をできるだけ反映した全球をカバーするデータとなっている。

注2) 神栄テクノロジー社製のエアロゾルセンサー

神栄テクノロジー株式会社が開発した大気汚染微粒子個数濃度を測定できる光学センサー (http://www.shinyei.co.jp/stc/optical/main_aes1.html)。エアロゾルとは、空気中に多数浮かんでいる微粒子のことであり、近年問題となっている PM_{2.5} もエアロゾルに含まれる。本研究では、環境大気下で 0.3 μm 以上と 0.5 μm 以上の粒径サイズを分けて測定できるようにした研究目的用に開発されたセンサーを使用している。上記神栄テクノロジー社のウェブサイトにあるように、現在市販されているセンサーは、後者の粒径サイズのみでの測定が可能な仕様となっている。このエアロゾルセンサーを他のオゾンセンサーなどと合わせて小型のプラスチック箱に格納して観測を行っており、これらをまとめてセンサーステーション (SS) と呼んでいる。

注3) NASA AERONET (AErosol RObotic NETwork: AERONET)

NASA が世界中に展開している、エアロゾル光学的情報を提供する観測サイトネットワーク (<https://aeronet.gsfc.nasa.gov/>)。2015年10月より、北海道大学大学院工学研究院 (安成助教担当) と NASA が共同で本学札幌キャンパス内に AERONET サイトの1つを設置して、常時モニタリングを行っている (<http://www.eng.hokudai.ac.jp/graduate/top/news/?topic=15102301>)。

注4) リオン社製の光学式気中パーティクルカウンター (Optical Particle Counter: OPC)

リオン株式会社による、大気汚染微粒子個数濃度を連続測定できる光学式パーティクルカウンター。本研究で使用した KC-01D は5つの異なる粒径サイズ (0.3, 0.5, 1, 2, 5 μm) で微粒子個数濃度を測定できる (論文の Fig. S1c 参照)。現在は、KC-01D の後継機器である KC-01E が販売されている (<http://www.rion.co.jp/product/particle/airborne/pharmacy/kc-01e.html>)。

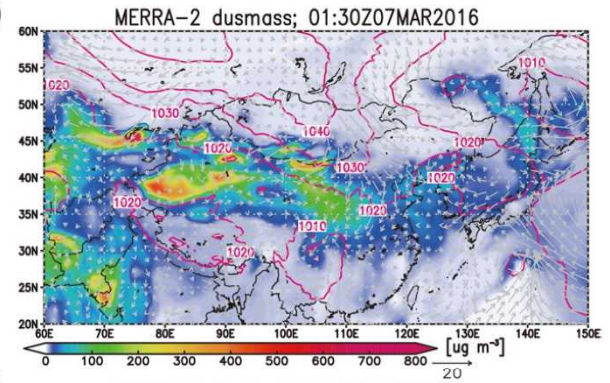
注5) 国立環境研究所のライダー

国立環境研究所 (国環研) が日本・東アジアで設置展開している固定型の鉛直方向エアロゾル情報観測機器で、532 nm (ナノメートル) と 1064 nm のレーザー光を使用して、非球形・球形などのエアロゾルの形状情報とともにどの高さにもどのくらいエアロゾルがあるかを観測できる (<http://www-lidar.nies.go.jp/>)。これらのライダーによる観測データは環境省の「黄砂飛来情報 (ライダー黄砂観測データ提供ページ)」でも提供されている (<http://soramame.taiki.go.jp/dss/kosa/>)。本研究のライダーは、滝川市スカイパークに設置されていたが、2017年には、滝川市から北海道大学札幌キャンパス (北大工学部; 札幌市) へ移設され、今後、本学の常時大気汚染モニタリング観測項目の一つとして、国立環境研究所と北海道大学工学研究院 (安成助教担当) が共同で常時モニタリング観測を継続する予定である (<http://www.eng.hokudai.ac.jp/graduate/top/news/?topic=17042401>)。

(a)



(b)



(c)

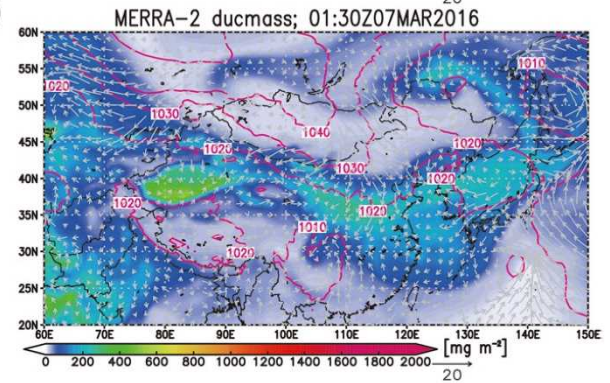


図 1 :

- (a) NASA の Terra 衛星によって捉えられた 2016 年 3 月 7 日に北海道へ到達する黄色いモヤ (NASA's Worldview website より取得 : <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>)。
- (b) NASA MERRA-2 による地上のダスト濃度 (色付き部分 ; 単位は $\mu\text{g m}^{-3}$) , 10m 風向・風速 (データは 3 つ間隔でプロット ; 矢印ベクトル ; 単位は m s^{-1}) , 海面気圧 (ピンク線 ; 単位は hPa)。
- (c) ダスト量を地上から上空まで合計したもの (風と海面気圧のデータは (b) と同様 ; 単位は mg m^{-2})。

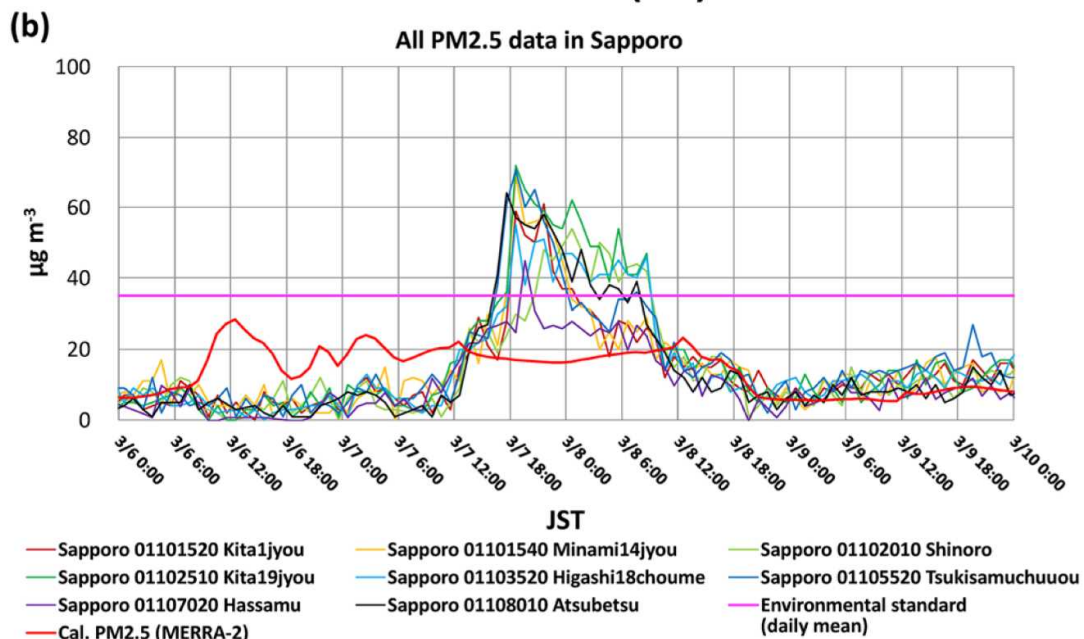
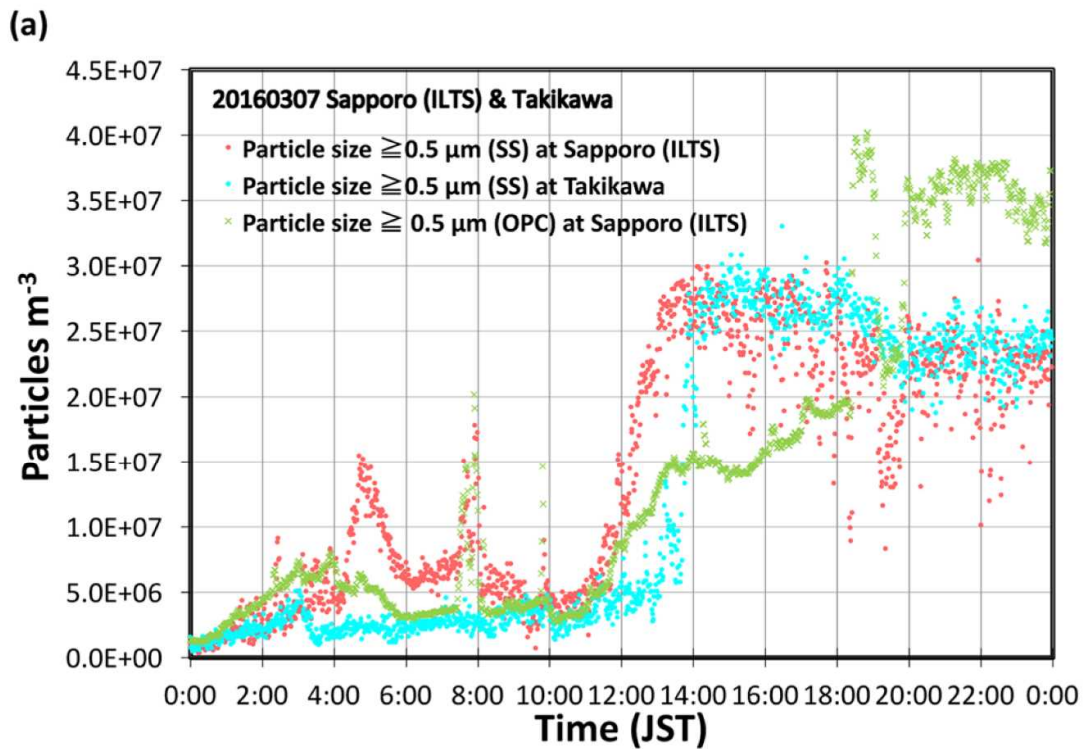


図 2 :

(a) 2016 年 3 月 7 日のセンサーステーション (SS) 内の神栄テクノロジー社製エアロゾルセンサーによる粒子個数濃度 ($0.5 \mu\text{m}$ 以上の粒径サイズレンジ; 北海道大学札幌キャンパス内: 赤; 滝川市: 水色) と、北海道大学構内の同じ観測サイトに設置したリオン社製の OPC による $0.5 \mu\text{m}$ 以上の粒径サイズレンジの粒子個数濃度 (緑のバツ印)。横軸は時間 (日本標準時) で、縦軸は粒子個数濃度 (例えば, $3.0\text{E}+07$ は 3.0×10^7 個 m^{-3} のこと)

(b) 札幌市で測定されている $\text{PM}_{2.5}$ (速報値) の時系列観測データ (8 地点; 国設局除く; 色のライン各種) と MERRA-2 のエアロゾルデータから計算した $\text{PM}_{2.5}$ (計算方法は文献 5) (赤のライン)。ピンクのラインは、参考として、日本の日平均の $\text{PM}_{2.5}$ の環境基準の値を表示してある ($35 \mu\text{g m}^{-3}$; <http://www.env.go.jp/air/osen/pm/info.html#STANDARD>)。横軸は時間 (日本標準時) で、縦軸は $\text{PM}_{2.5}$ の質量濃度 (単位は $\mu\text{g m}^{-3}$)。

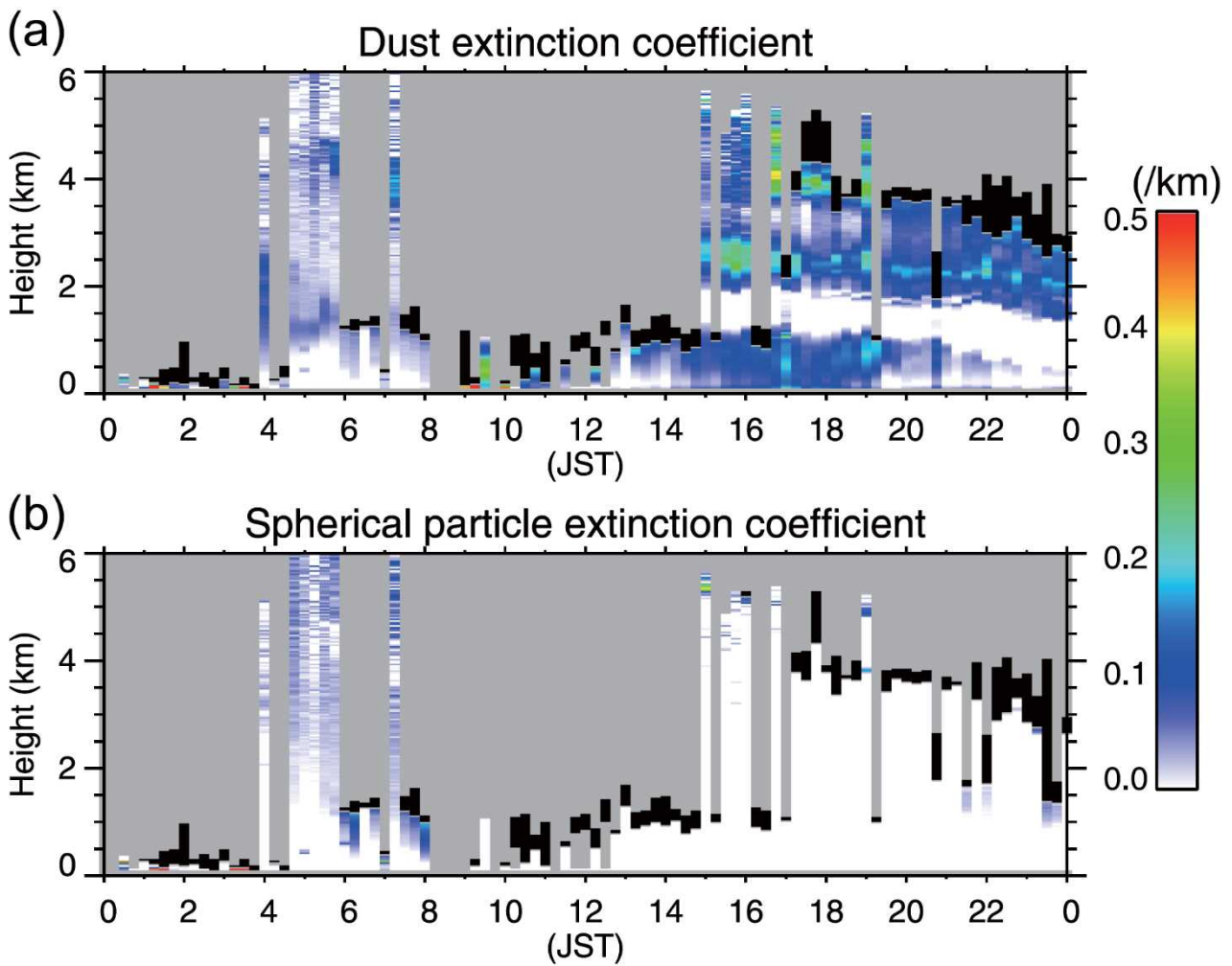


図 3：滝川市スカイパーク内に設置された国立環境研究所のライダーによる 2016 年 3 月 7 日の (a) ダスト（非球形のエアロゾル）の消散係数と (b) 球形エアロゾルの消散係数の時系列データ。横軸は時間（日本標準時）で、縦軸は地上からの高度（km）。(a) を見ると、地上付近で午後 2 時頃（14 時頃）から色が白から青に変わってきており、このことは非球形のエアロゾルであるダストが滝川市の地上付近でこの時間から増加し始めていることを示唆する。つまり、黄砂が飛来したと判断できる。ライダーはこのように黄砂の判別に変効な測器であるが、一般的にとっても高価であるため、どこにでも気軽に設置できるものではないのが現状である。

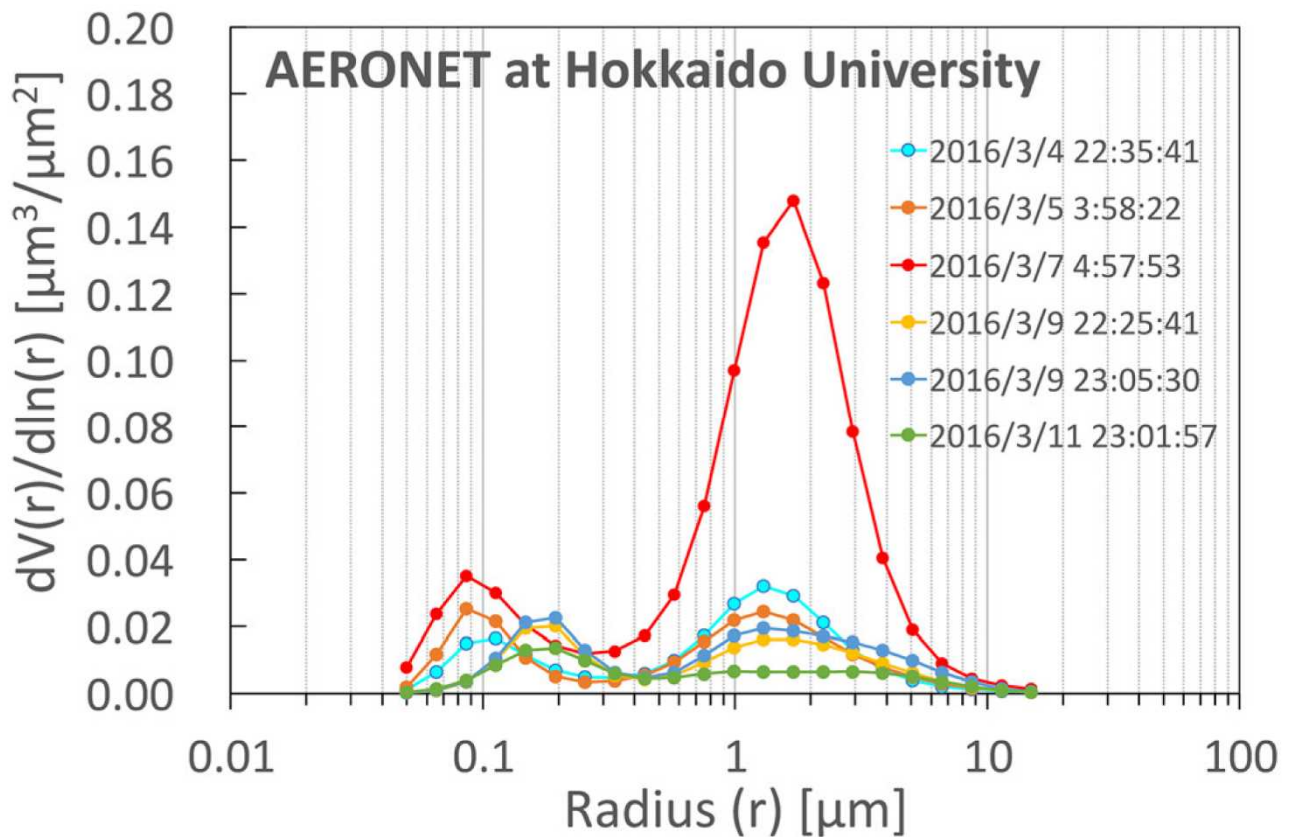


図 4：北海道大学キャンパス内（工学部）に設置された NASA AERONET によるエアロゾル粒子の粒径分布（3月7日の前後も含む）。時間は協定世界時（UTC）表記（日本標準時は UTC+9 時間）。赤のラインが 4:57 UTC 頃（日本時間午後 2 時頃）にちょうど図 2a でエアロゾルセンサーの PNC がピークを迎えた頃のデータ。この時、 $1\mu\text{m}$ 以上の半径を持つ粗大エアロゾル粒子が顕著であることがはっきりとわかり（赤のピークの部分）、そのサイズのピークは前後（黄砂でない時）の日時のデータと比較してより大きいサイズ（右側）にシフトしていることも読み取れる。つまり、平常時より大きなエアロゾル粒子が顕著であったと言える。

[参考文献]

1. Kanatani, K. T., I. Ito, W. K. Al-Delaimy, Y. Adachi, W. C. Mathews, and J. W. Ramsdell, 2010: Desert dust exposure is associated with increased risk of asthma hospitalization in children. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, **182**(12), 1475-1481, doi: 10.1164/rccm.201002-0296OC.
2. Matoba, S., I. Mori, S. Hayakari, and M. Nishikawa, 2005: New method of detecting Kosa (Asian dust) from SPM data measured by environmental air monitoring stations. *J. Aerosol Res (Erozoru Kenkyu)*, **20**(3), 225-230, doi:10.11203/jar.20.225 (in Japanese with English abstract).
3. Mizoguchi, T., K. Kawasaki, A. Shimizu, and H. Satake, 2009: Investigation of dry deposition in Toyama and analysis by rider during the period of high SPM concentration. *J. Jpn. Soc. Atmos. Environ.*, **44**(3), 155-165, doi:10.11298/taiki.44.155 (in Japanese with English abstract).
4. Yasunari, T. J., P. R. Colarco, W. K. M. Lau, K. Osada, M. Kido, S. P. P. Mahanama, K.-M. Kim, and A. M. da Silva, 2016: Total dust deposition flux during precipitation in Toyama, Japan, in the spring of 2009: A sensitivity analysis with the NASA GEOS-5 Model. *Atmos. Res.*, **167**, 298-313, doi:10.1016/j.atmosres.2015.08.005.
5. Buchard, V., A. M. da Silva, C. A. Randles, P. Colarco, R. Ferrare, J. Hair, C. Hostetler, J. Tackett, and D. Winker, 2016: Evaluation of the surface PM_{2.5} in Version 1 of the NASA MERRA Aerosol Reanalysis over the United States. *Atmos. Environ.*, **125**, 100-111, doi:10.1016/j.atmosenv.2015.11.004.