

日本地球惑星科学連合2019年大会

「最新の大気科学：ダスト」セッションの報告

石塚 正 秀^{*1}・黒 崎 泰 典^{*2}
関 山 剛^{*3}・長 島 佳 菜^{*4}

1. セッションの概要

2019年5月26-30日に、千葉市幕張メッセで開催された日本地球惑星科学連合2019年大会 (Japan Geoscience Union (JpGU) Meeting 2019) において、最終日の5月30日(木)に「最新の大気科学：ダスト」(セッションID:M-IS09, 分類:M 領域外・複数領域, セッション小記号:IS ジョイント)が行われた。本セッションは、日本気象学会の主催、日本地球化学会の共催として開催した。ダストに関するセッションが日本地球惑星科学連合大会で行われるのは初めてであり、まずは国内の研究者の情報交換の場としてセッションを立ち上げることにした。そのため、発言言語は日本語とした。JpGU大会では、新規提案のセッションは口頭発表が1セッションのみで、それ以外はポスター発表に割り振られることになっているが、蓋を開けてみると、申し込み数が多く、口頭発表を2セッション、ポスター発表を1セッション設けることができた。

全17件の申し込みがあり、口頭発表が11件(内、招待講演1件)、ポスター発表が6件であった(第1表)。各発表の要旨はJpGU2019大会のホームページに掲載されているのでご参照ください (http://www.jpгу.org/meeting_2019/SessionList_jp/detail/M-IS09.html, 2019.9.11閲覧)。

2. セッションの趣旨

日本では黄砂として知られる鉱物性ダストは、主に大陸の乾燥地において強風により地表面から大気中に舞い上げられ、大気中を長距離輸送する。大気中に浮遊するダスト粒子は、雲・降水過程や放射過程を通じて、気象・気候に変化をもたらす。海洋や雪氷に沈着すると、ダスト粒子に含まれる栄養塩が植物プランクトンや雪氷中微生物の増加に寄与するといった生態系影響をもたらすだけでなく、海洋の植物プランクトンの光合成による二酸化炭素吸収増加や雪氷アルベド低下を通じて気候にも影響する。

ダストの発生(舞い上がり)から沈着までの振る舞いおよびその地球環境への影響を理解するためには、風、放射、降水など気象学の知見だけではなく、土壌学、地形学、植生学、大気化学、海洋学、雪氷学といった幅広い分野の知見も必要である。発生過程においては、干ばつといった自然科学的側面の他に、人口増加や利潤追求がもたらす過耕作、過放牧による砂漠化、国策による砂漠緑化といった社会科学的側面の理解も必要である。人間や家畜への健康影響を理解するためには疫学・環境保健学の知見が必要であり、また、近年知られるようになったダスト粒子と共に輸送される微生物を研究対象とするバイオエアロゾル学の知見も生態系影響、健康影響、雲生成プロセスの理解に必要である。また、ダストは地球だけでなく、火星・タイタン(土星の第6衛星)など他の惑星・衛星でもみられる現象であるが、地球と異なる重力、大気組成におけるダスト輸送メカニズムの理解は、多くの気象学会員にとって常識の大気現象が地球特有の現象(地球だけの常識)であることの気づきに繋がる。

このように、一つの分野だけでは、ダスト現象を理解することはできないことから、JpGUでセッション

^{*1} (連絡責任著者) Masahide ISHIZUKA, 香川大学創造工学部。

ishizuka@eng.kagawa-u.ac.jp

^{*2} Yasunori KUROSAKI, 鳥取大学乾燥地研究センター。

^{*3} Tsuyoshi Thomas SEKIYAMA, 気象研究所全球大気海洋研究部。

^{*4} Kana NAGASHIMA, 海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター。

© 2020 日本気象学会

第1表 発表リスト.

口頭発表1				
時間	講演番号	タイトル	発表者	所属
13:45-13:55	-	イントロダクション	石塚 正秀	香川大学創造工学部
13:55-14:15	MIS09-01	大気から海洋へ供給される鉱物および燃焼起源鉄を含んだエアロゾルの全球モデル解析	伊藤 彰記	海洋研究開発機構
14:15-14:30	MIS09-02	イラン7都市の降水中に含まれる不溶性物質の鉱物組成と元素組成の地域的特徴	横尾 頼子	同志社大学理工学部
14:30-14:45	MIS09-03	Comparison of airborne microbial variations in air samples from Asian-dust source and arrival regions	牧 輝弥	金沢大学理工研究域
14:45-15:00	MIS09-04	気象庁エアロゾルモデル (MASINGAR) を用いた越境大気汚染物質による健康影響予測	大西 一成	聖路加国際大学公衆衛生大学院
15:00-15:15	MIS09-05	Dust layer captured by an inversion layer over the Gobi Desert on 29-30 April 2015	河合 慶	名古屋大学大学院環境学研究所
口頭発表2				
15:30-15:45	MIS09-06	アンサンブルシミュレーションを用いた火星におけるダスト拡大地域の特長	小郷原 一智	滋賀県立大学工学部
15:45-16:00	MIS09-07	原子間力顕微鏡を用いた個別エアロゾル粒子の付着力測定	大野 耕平	金沢大学大学院自然科学研究科
16:00-16:15	MIS09-08	Occurrence of micro-meso scale dust storms and its relationship to the vegetation and topography in Mongolian grassland and Gobi Desert	甲斐 憲次	茨城大学教育学部
16:15-16:30	MIS09-09	A trial of elucidation for dust emission conditions in East Asia by synoptic data analyses and a field observation	黒崎 泰典	鳥取大学乾燥地研究センター
16:30-16:45	MIS09-10	Monitoring and assessing aeolian desertification processes based on a dust erodibility index—A case study in the Xilingol grassland, China	武 靖	鳥取大学乾燥地研究センター
16:45-17:00	MIS09-11	中国内モンゴル草原における地表面状況と人間活動のダストに与える影響	咏 梅	中国内モンゴル師範大学
ポスター発表				
17:00-18:30	MIS09-P01	Study on decadal influencing of the teleconnection pattern EA and SCAND on major atmospheric circulation systems of the northern China dust storms during the past 65 years (1954-2018)	高 涛	中国内蒙古自治区気象科学研究所
	MIS09-P02	Effects of freeze-thaw and land-surface processes on dust occurrence in the Mongolian desert steppe	江 嘉敏	名古屋大学大学院環境学研究所
	MIS09-P03	北太平洋とその縁辺海の表面水中に懸濁する鉱物粒子—海水分析から調べた風送ダストの沈着	岩本 洋子	広島大学大学院統合生命科学研究所
	MIS09-P04	石英個別粒子のカソードルミネッセンス分析に基づく、カナダ雪水コア中のアジアダストの供給源推定とその季節変化	長島 佳菜	海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター
	MIS09-P05	飛砂風洞装置を用いた弱い土壌クラストが飛砂とダスト発生に与える影響の解明	石塚 正秀	香川大学創造工学部
	MIS09-P06	Effect of stone on sand saltation in Tsogt-Ovoo, Mongolia: Observation and Model simulation	Batjargal Buyantogtokh	鳥取大学乾燥地研究センター

を設ける意義は大きく、多くの分野の研究者が議論し、情報共有を行うことが重要であり、研究者の交流を行う場を持つこととした。

3. 発表内容

3.1 口頭発表

招待講演では、伊藤彰記（海洋研究開発機構）は、

全球エアロゾル化学輸送モデルを用いて、大気から海洋へ供給される鉱物および燃焼起源鉄を含んだエアロゾルを解析し、外洋における燃焼起源鉄の重要性を示した (Ito *et al.* 2019; Myriokefalitakis *et al.* 2018)。さらに、海洋物質循環モデルを用いて、東アジアの風下に当たる北太平洋亜寒帯において、付加した鉱物および燃焼起源鉄が植物プランクトンの増殖に関与してい



第1図 口頭発表の様子。

ることを示唆した (Ito *et al.* 2019)。

横尾頼子 (同志社大学) は、イランの降水中のダストの鉱物組成と元素組成を調べ、東部地域は西部地域と比べてどの月でもダスト量が多く、とくに Mashhad と Zahedan の 6～8 月の乾季と Birjand においてダスト量が多い結果を示した (関連論文: Nakano *et al.* 2012; Yokoo *et al.* 2004)。

牧 輝弥 (金沢大学) は、ダスト発生域であるゴビ砂漠と沈着域の日本においてダスト輸送の軌跡に沿って存在する細菌16SrRNA 遺伝子と真菌 ITS の空中微生物群集の変化を明らかにした。また、南極の大気微生物は、地域特異性が高く、外からの移入がほとんど無いとする結果を発表した (Archer *et al.* 2019; Maki *et al.* 2017, 2019)。

大西一成 (聖路加国際大学) は、気象庁がエアロゾルモデル (MASINGAR) により解析した中国大陸から飛来する大気汚染物質の予測濃度を活用すれば、呼吸器などへのアレルギー対策を取ることができる結果を発表した (Onishi *et al.* 2012a, b, 2018)。この発表は、JpGU 大会からプレスリリースされ、さらに5月30日のハイライト三本に選ばれた (http://www.jpгу.org/meeting_2019/files/highlight.pdf, 2019.9.11閲覧)。ハイライト論文は、こちらの公式ページ (<https://confit.atlas.jp/guide/event/jpgu2019/top?lang=ja>, 2019.9.11閲覧) と公式 Twitter (<https://mobile.twitter.com/jpgu/status/1133872587631673344>, 2019.9.11閲覧) から確認できる。あわせて、本大会での発表について取材があり、毎日新聞ホームページに掲載され (<https://mainichi.jp/articles/20190607/k00/00m/040/078000c>, 2019.9.11閲覧)、紙

面では同日の毎日新聞夕刊に掲載された。

河合 慶 (名古屋大学) は、モンゴルの Dalanzadgad で実施しているシーロメーター観測から、ダスト層が寒気上空の高度1.2-1.5km における逆転層によって捕獲され、これにより、ダストが自由対流圏に到達できず、偏西風によるダストの長距離輸送が抑制されたことを示した (Kawai *et al.* 2015, 2018, 2019)。

小郷原一智 (滋賀県立大学) は、火星において50通りの温度変化を与えたアンサンブルシミュレーションを実施し、ダストソースの北側に低気圧があるとダストヘイズが広域に広がる結果を示した (Ogohara and Satomura 2011)。

大野耕平 (金沢大学) は、原子間力顕微鏡によるフォースカーブマッピングから個別エアロゾル粒子の付着力を定量的に評価する実験手法を開発し、有機物に富むと考えられるいくつかの粒子は、変質した Ca-rich 黄砂粒子よりもさらに高い付着力を示すことを明らかにした。

甲斐憲次 (茨城大学) は、モンゴルの Ulaanbaatar から Dalanzadgad にわたるゴビ砂漠の縦断移動観測を行い、エアロゾル粒子の数濃度の水平分布は植生量と関係がある結果を示した (関連論文: Minamoto *et al.* 2018)。

黒崎泰典 (鳥取大学) は、ダスト予測の精度に与えるダスト発生に関して、臨界風速によって表現される風食に対する土壌や地表面の感受性による影響が大きい点に着目し、土壌クラスト (Ishizuka *et al.* 2012)、植生 (Gantsetseg *et al.* 2017)、礫の観測結果および風速と現在天気解析結果 (Wu *et al.* 2016) を示した。

Jing Wu (鳥取大学) は、風食に対する地表面の脆弱性を示す指標としてダスト侵食性指数を用いて風成砂漠化を評価し、中国の Xilingol 草原では、国策による家畜数減少が効果的な砂漠化回復に成功しているという結果を示した。

Mei Yong (内モンゴル師範大学) は、生態系モデルと統計モデルを用いて、2003年以降、草原保護法がステップおよび砂漠ステップにおけるダストイベントを減少させた結果を示した。

3.2 ポスター発表

ポスターセッションでは、Gao Tao (内蒙古自治区気象科学研究所) は、テレコネクションパターン EA と SCAND が過去65年間 (1954-2018) の中国北部のダストストームを引き起こす主要な大気循環システムに与える影響に関して発表を行った。



第2図 ポスター発表の様子。

Kaman Kong (名古屋大学) は、生態系モデルとモンゴルゴビ砂漠の観測データを用いて、土壌の凍結融解過程が風食に対する土壌の感受性を高めることに重要な役割を果たす可能性を示した。

岩本洋子 (広島大学) は、北太平洋とその周辺海域 (オホーツク海, ベーリング海, チュクチ海) で収集された SPM 中の鉱物粒子を分析し、植物プランクトンの増殖につながる溶存鉄の散発的な供給が、黄砂イベントにより自然に起こりうる可能性を示した。

長島佳菜 (海洋研究開発機構) は、石英個別粒子のカソードルミネッセンス法を用いて、海拔4,135m のカナダ雪氷コアを分析し、タクラマカン砂漠産の石英とモンゴルゴビ産の石英の比率を用いて、これら2つの砂漠からの石英が混合している結果を示した。

石塚正秀 (香川大学) は、大型飛砂風洞装置を用いた飛砂とダスト発生 of 室内実験を行い、モンゴル産の土壌に水を加えて土壌クラストを生成し、供給する水分量が多いほど、土壌が風食されにくい結果を示した。

Batjargal Buyantogtokh (鳥取大学) は、モンゴルのゴビ砂漠における現地観測と0次元モデルシミュレーションを行い、礫が飛砂の主要な制御因子の一つであることを示した。

4. 今後に向けて

今回行ったセッションでは、海洋、気象、バイオ、雪氷、健康影響、地表面、生態系、発生過程、粒子のマイクロプロセス、社会要因など幅広い内容の発表があった。また、研究手法も、数値シミュレーション、現地観測、室内分析、風洞実験、衛星データ解析、疫学調査など様々であり、多くの知見が紹介され、大い

に参考となった。また、対象地域は、全球、火星、モンゴル、中国、イラン、日本、カナダ、北太平洋と広域にわたっており、ダスト現象の地域性と広域性の理解を深める良い機会となった。

このように分野融合的な発表が数多く集まったことはコンビーナとしては大いなる喜びであり、今後の学際研究への進展に向けて第一歩を踏み出せたと実感した。AGU や EGU では、以前からダストセッションが行われていることから、今後も JpGU を通して、日本におけるダスト研究の成果発表の場として、継続してセッションを開催していきたいと考えている。

最後になりましたが、このようなセッションの立ち上げにご協力いただきました日本気象学会および日本地球化学会に感謝申し上げます。

略語一覧

16SrRNA : 16S ribosomal ribonucleic acid 16S リボソーム RNA

AGU: American Geophysical Union アメリカ地球物理学連合

EA: East Atlantic 東大西洋 (テレコネクションパターンのひとつ)

EGU: European Geosciences Union 欧州地球科学連合

ITS: Internal transcribed spacer 内部転写領域

JpGU: Japan Geoscience Union 日本地球惑星科学連合

MASINGAR: Model of aerosol species in the global atmosphere 全球エアロゾルモデル

SCAND: Scandinavia スカンジナビア (テレコネクションパターンのひとつ)

SPM: Suspended Particulate Matter 浮遊粒子状物質

参考文献

- Archer, S. D. J., K. C. Lee, T. Caruso, T. Maki, C. K. Lee, S. C. Cary, D. A. Cowan, F. T. Maestre and S. B. Pointing, 2019: Airborne microbial transport limitation to isolated Antarctic soil habitats. *Nature Microbiol.*, 4, 925-932.
- Gantsetseg, B., M. Ishizuka, Y. Kurosaki and M. Mikami, 2017: Topographical and hydrological effects on meso-scale vegetation in desert steppe, Mongolia. *J. Arid Land*, 9, 132-142.
- Ishizuka, M., M. Mikami, Y. Yamada, R. Kimura, Y. Kurosaki, D. Jugder, B. Gantsetseg, Y. Cheng and M. Shinoda, 2012: Does ground surface soil aggregation affect transition of the wind speed threshold for saltation and dust emission? *SOLA*, 8, 129-132.
- Ito, A. *et al.*, 2019: Pyrogenic iron: The missing link to high iron solubility in aerosols. *Sci. Adv.*, 5, eaau7671,

- doi:10.1126/sciadv.aau7671.
- Ito, A., Y. Ye, A. Yamamoto, M. Watanabe and M. N. Aita, 2019: Responses of ocean biogeochemistry to atmospheric supply of lithogenic and pyrogenic iron-containing aerosols. *Geol. Mag.*, doi.org/10.1017/S0016756819001080.
- Kawai, K. *et al.*, 2019: Ceilometer observation of a dust event in the Gobi Desert on 29–30 April 2015: Sudden arrival of a developed dust storm and trapping of dust within an inversion layer. *SOLA*, **15**, 52–56.
- Kawai, K., K. Kai, Y. Jin, N. Sugimoto and D. Batdorj, 2018: Lidar network observation of dust layer development over the Gobi Desert in association with a cold frontal system on 22–23 May 2013. *J. Meteor. Soc. Japan*, **96**, 255–268.
- Kawai, K., K. Kai, Y. Jin, N. Sugimoto and D. Batdorj, 2015: Dust event in the Gobi Desert on 22–23 May 2013: Transport of dust from the atmospheric boundary layer to the free troposphere by a cold front. *SOLA*, **11**, 156–159.
- Maki, T. *et al.*, 2017: Variations in airborne bacterial communities at high altitudes over the Noto Peninsula (Japan) in response to Asian dust events. *Atmos. Chem. Phys.*, **17**, 11877–11897.
- Maki, T. *et al.*, 2019: Aeolian dispersal of bacteria associated with desert dust and anthropogenic particles over continental and oceanic surfaces. *J. Geophys. Res. Atmos.*, **124**, 5579–5588.
- Minamoto, Y., K. Nakamura, M. Wang, K. Kawai, K. Ohara, J. Noda, E. Davaanyam, N. Sugimoto and K. Kai, 2018: Large-scale dust event in East Asia in May 2017: Dust emission and transport from multiple source regions. *SOLA*, **14**, 33–38.
- Myriokefalitakis, S. *et al.*, 2018: The GESAMP atmospheric iron deposition model intercomparison study. *Biogeosciences*, **15**, 6659–6684.
- Nakano, T., Y. Yokoo, M. Okumura, S. R. Jeon and K. Satake, 2012: Evaluation of the impacts of marine salts and Asian dust on the forested Yakushima island ecosystem, a world natural heritage site in Japan. *Water Air Soil Pollut.*, **223**, 5575–5597.
- Ogohara, K. and T. Satomura, 2011: Numerical simulations of the regional characteristics of dust transport on Mars. *Adv. Space Res.*, **48**, 1279–1294.
- Onishi, K., S. Otani, A. Yoshida, H. Mu and Y. Kurozawa, 2012a: Adverse health effects of Asian dust particles and heavy metals in Japan. *Asia-Pac. J. Public Health*, **27**, NP1719–NP1726.
- Onishi, K., Y. Kurosaki, S. Otani, A. Yoshida, N. Sugimoto and Y. Kurozawa, 2012b: Atmospheric transport route determines components of Asian dust and health effects in Japan. *Atmos. Environ.*, **49**, 94–102.
- Onishi, K. *et al.*, 2018: Prediction of health effects of cross-border atmospheric pollutants using an aerosol forecast model. *Environ. Int.*, **117**, 48–56.
- Yokoo, Y., T. Nakano, M. Nishikawa and H. Quan, 2004: Mineralogical variation of Sr–Nd isotopic and elemental compositions in loess and desert sand from the central Loess Plateau in China as a provenance tracer of wet and dry deposition in the northwestern Pacific. *Chem. Geol.*, **204**, 45–62.
- Wu, J., Y. Kurosaki, M. Shinoda and K. Kai, 2016: Regional characteristics of recent dust occurrence and its controlling factors in East Asia. *SOLA*, **12**, 187–191.