

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：62611

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01972

研究課題名(和文)北極圏における氷河起源ダストが氷晶核分布に与える影響の評価

研究課題名(英文)Evaluation of the influence of glacially sourced dusts on the variation of ice nucleating particles in the Arctic

研究代表者

當房 豊 (Yutaka, Tobo)

国立極地研究所・研究教育系・助教

研究者番号：60572766

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 25,370,000円

研究成果の概要(和文)：北極域で発生する氷河起源ダスト(氷河堆積物から大気中へと飛散したダスト)は、氷晶核粒子(氷形成能力を有するエアロゾル粒子)として働くことで、北極上空での氷形成過程に影響を及ぼす可能性がある。そこで本研究では、スヴァールバル諸島のZeppelin山大気中での氷晶核粒子の数濃度の通年観測を実施した。その結果、約 -20°C 以上の温度域で活性を示す氷晶核粒子は、夏季に増加する傾向にあることが明らかになった。さらに、夏季におけるエアロゾルの数濃度や組成等の分析を行ったところ、スヴァールバル諸島内で発生したダスト等の自然起源エアロゾルが氷晶核粒子の増加に影響していたことを示唆する結果が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

北極域では急速な温暖化が進行しているため、一般的には、北極上空の雲内での氷形成は起きにくくなると言われている。一方、本研究では、北極域で発生する氷河起源ダスト等の影響によって、氷晶核粒子の数濃度が増加する可能性がある(つまり、雲内での氷形成が促進される可能性もある)ことを示した。今後、北極域での温暖化の進行によって雪氷の融解・消失が進行すると、北極域からのダストの発生量は増加すると言われている。本研究で得られた成果は、北極域の温暖化の影響によって、北極上空のエアロゾルや雲にどのような影響があらわれるのかを評価する上でも、重要な科学的知見となりうる。

研究成果の概要(英文)：It is expected that glacially sourced dust (dust released from glacial outwash sediments) can serve as ice nucleating particles (INPs) and affect ice nucleation processes in the Arctic atmosphere. In this study, we conducted year-round measurements of the number concentrations of INPs at the Zeppelin Observatory in Svalbard. We found that INPs active at temperatures above about -20°C tended to show higher values during summer. In addition, our analysis of the number concentrations and compositions of ambient aerosols suggested that the high INP conditions during summer would be related to the emission of local natural aerosols including glacially sourced dust.

研究分野：大気環境科学

キーワード：北極域 エアロゾル - 雲相互作用 ダスト 氷晶核

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

(1) エアロゾル-雲相互作用（エアロゾルが氷晶核粒子あるいは雲凝結核として働くことによって、どのように雲微物理過程に影響するのか？）に関する科学的知見は、依然として非常に乏しく、そのことはエアロゾルが地球の気候や生態系に及ぼす影響を評価する上での大きな不確定要素となっている。

(2) 北極域の下層大気（数百 m～数千 m の高度）では、年間を通して混相雲（過冷却の水滴と氷晶が混在する雲）が頻繁に発生しており、極域の気候に大きな影響を及ぼしている。その一方で、北極域混相雲に関する微物理過程については、未だ不明な点が多く、最新の数値モデルでも、必ずしも良く再現できていない。特に北極域混相雲内での氷晶の形成過程に関する科学的知見の欠如は、最も大きな不確定要素の 1 つとなっている。混相雲の放射特性や大気中での寿命は、氷晶核粒子の存在に大きく左右される。しかしながら、北極域の下層大気において「氷晶核粒子として機能するエアロゾルが、どこから供給されており、どの程度の量で存在しているのか？」ということについては、観測的事実に基づいた科学的知見が非常に不足している。

(3) 研究代表者らは、北極域の中でも混相雲の発生頻度が最も高いといわれるスヴァールバル諸島にある Zeppelin 山観測所にて、氷晶核粒子に関する調査研究に取り組んできた。これまでの北極域での研究では、氷晶核粒子の数濃度は非常に低く（ -20°C で 0.1 個/L 以下）、その季節変動は比較的小さいと思われていた（引用文献①）。一方、研究代表者らが Zeppelin 山観測所で集中観測を複数回実施してきたところ、冬季には北極域での先行研究で報告されている値と同程度であったが、夏季には大気中の氷晶核粒子の数濃度が一桁以上の増加を示すことが初めて明らかになった（引用文献②）。また、スヴァールバル諸島のブレッガー氷河の下流域に分布するアウトウォッシュ・プレーンで採取した氷河堆積物の氷晶核能を調べたところ、低～中緯度の砂漠起源のダストに比べて、氷晶核能が圧倒的に高いという初期結果も得られた。

(4) 氷河より流出した堆積物は、細粒化された粒子を豊富に含んでおり、植生にも覆われていないことから、氷河起源ダストとして大気中に飛散しやすいことが指摘されるようになってきている。しかし、これまでの氷河起源ダストに関する研究は、海洋生態系への栄養供給や氷河の暗色化に及ぼす影響に着目したものに限られていた（引用文献③）。一方、研究代表者らは、北極域における氷河起源ダストの発生は、夏季における氷晶核粒子の数濃度にも大きな影響をもたらしている可能性があると考えた。

2. 研究の目的

(1) 夏季の北極域で発生する氷河起源ダストの影響に着目し、スヴァールバル諸島における大気中の氷晶核粒子およびダストの変動パターンを通年観測から明らかにする。

(2) 氷河起源ダストがどの時期にどの程度の規模で発生しており、またそれらはスヴァールバル諸島の上空における氷晶核粒子の数濃度の季節変動にどのような影響をもたらしているのかを検証する。

3. 研究の方法

(1) スヴァールバル諸島のブレッガー氷河下流の複数の地点から氷河堆積物を採取し、その中から大気中のダストとほぼ同等の粒径（約 5 ミクロン以下）のものを抽出した上で、「氷河起源ダスト」の標準試料を作成し、それらの氷晶核能を調べた。その際、研究代表者が開発した国立巨靴研究所の CRAFT（Cryogenic Refrigerator Applied to Freezing Test, 引用文献②）を用いた氷晶核能の計測を行うことによって、 -30°C ～ 0°C の温度範囲でのそれらの氷晶核能（単位質量あたりの氷晶核数）を定量的に評価した。

(2) Zeppelin 山観測所に自動エアロゾルサンプラーを設置し、エアロゾル試料のフィルターサンプリングを通年で行った。その際、毎週日曜の 0:00 UTC にフィルターが自動で交換されるように設定した。大気中の氷晶核粒子の数濃度の季節変動は、それらの試料を超純水中に抽出して CRAFT で分析することにより、 -30°C ～ 0°C の温度範囲で算出した。特に本研究では、2019～2020 年に北極域で実施された国際共同研究プロジェクトである MOSAiC や NASCENT（引用文献④）の期間のサンプルの分析を優先して進めた。

(3) 上記のエアロゾル試料の中から、氷河起源ダストの発生のない時期（陸域の表面が完全に雪氷で覆われている時期）と発生しうる時期（陸域の表面の一部が露出している時期）のものを選別し、電子顕微鏡を用いてフィルター上に捕集された個々のエアロゾルの大きさや形状、化学組成等の分析を行った。

4. 研究成果

(1) スヴァールバル諸島のブレッガー氷河下流の複数の地点で採取された氷河起源ダストの氷晶核能を計測した。その結果、低～中緯度の砂漠起源のダストは約 -15°C 以下にならないと氷晶核粒子として機能しないのに対し、スヴァールバル諸島起源の氷河起源ダストは、約 -5°C でも氷晶核粒子として働く（つまり氷晶核能が極めて高い）ことを示した。さらに、この結果を元に、氷河起源ダストの氷晶核能を温度の関数で表現したパラメタリゼーションを構築した。

(2) 本研究で構築した氷河起源ダストの氷晶核能のパラメタリゼーションは、エアロゾル-気候もモデルにも導入され、北極域の氷晶核粒子の分布に及ぼす影響に関する感度実験も行った（引用文献⑤）。その結果、本研究で得られたような極めて高い氷晶核能を加味しない場合と加味した場合は、北極域における氷晶核粒子の分布が大きく変わることを示した（図1）。

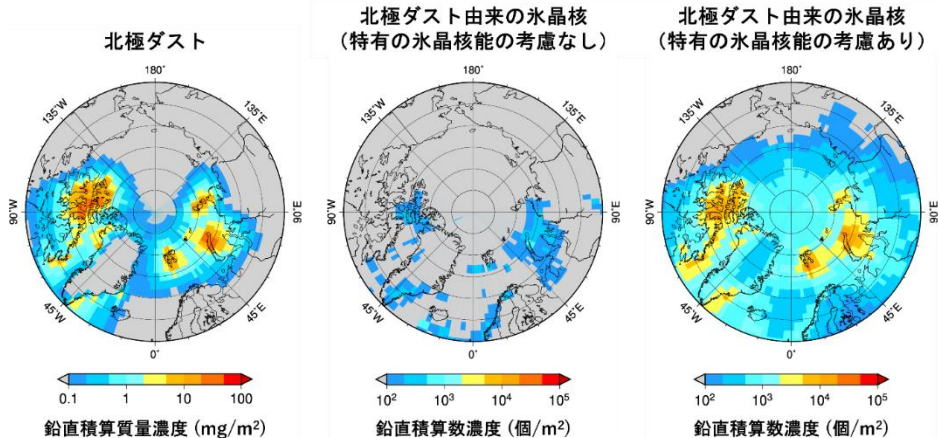


図1 (左) 北極ダストの鉛直積算質量濃度。(中・右) 北極ダスト由来の氷晶核の鉛直積算数濃度。北極ダスト特有の非常に高い氷晶核能を考慮しないシミュレーションと考慮したシミュレーションの結果（2010～2019年の年間の平均値）を示す。本図は、引用文献⑤のプレスリリース (<https://www.nipr.ac.jp/info2023/20230426-2.html>) より転載。

(3) Zeppelin 山観測所における氷晶核粒子の数濃度の季節変動を調べた結果、 -30°C 付近の温度域で活性を示す氷晶核粒子の季節変動は小さかったものの、 -20°C 以上の温度域で活性を示す氷晶核粒子は温暖な時期（特に6～8月頃）になると劇的に増加することがわかった。これは、スヴァールバル諸島の陸域から発生したダスト等の影響を強く受けるからだと考えられる。

(4) 電子顕微鏡によるエアロゾルの分析を行った結果、微小粒子（1ミクロン以下）には硫酸塩や海塩が多くみられたが（引用文献⑥）、粗大粒子（1ミクロン以上）にはスヴァールバル諸島の陸域から発生したと思われるダストや炭素質粒子（土壌有機物や微生物のようなもの）が多く検出された。よって、これらが夏季における氷晶核粒子の増加に寄与していたことが示唆される。

<引用文献>

- ① DeMott, P. J. et al. Sea spray aerosol as a unique source of ice nucleating particles. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **113**, 5797–5803 (2016).
- ② Tobo, Y. et al. Glacially sourced dust as a potentially significant source of ice nucleating particles. *Nat. Geosci.* **12**, 253–258 (2019).
- ③ Bullard, J. E. et al. High-latitude dust in the Earth system. *Rev. Geophys.* **54**, 447–485 (2016).
- ④ Pasquier, J. T. et al. The Ny-Ålesund Aerosol Cloud Experiment (NASCENT): Overview and first results. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* **103**, E2533–E2558 (2022).
- ⑤ Kawai, K., Matsui, H. & Tobo, Y. Dominant role of Arctic dust with high ice nucleating ability in the Arctic lower troposphere. *Geophys. Res. Lett.* **50**, e2022GL102470 (2023).
- ⑥ Adachi, K., Tobo, Y., Koike, M., Freitas, G., Zieger, P. & Krejci, R. Composition and mixing state of Arctic aerosol and cloud residual particles from long-term single-particle observations at Zeppelin Observatory, Svalbard. *Atmos. Chem. Phys.* **22**, 14421–14439 (2022).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計45件（うち査読付論文 45件 / うち国際共著 17件 / うちオープンアクセス 37件）

1. 著者名 Kawai, K., Matsui, H., Tobo, Y.	4. 巻 50
2. 論文標題 Dominant role of Arctic dust with high ice nucleating ability in the Arctic lower troposphere	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2022GL102470
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2022GL102470	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Miyakawa, T., Taketani, F., Tobo, Y., Matsumoto, K., Yoshizue, M., Takigawa, M., Kanaya, Y.	4. 巻 10
2. 論文標題 Measurements of aerosol particle size distributions and INPs over the Southern Ocean in the late austral summer of 2017 on board the R/V Mirai: Importance of the marine boundary layer structure	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Earth and Space Science	6. 最初と最後の頁 e2022EA002736
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2022EA002736	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 松井 仁志, 大畑 祥, 當房 豊, 松木 篤, 板橋 秀一, 大島 長, 鈴木 健太郎, 佐藤 陽祐	4. 巻 48
2. 論文標題 エアロゾル-放射・雲相互作用	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 大気化学研究	6. 最初と最後の頁 048A01
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Adachi, K., Tobo, Y., Koike, M., Freitas, G., Zieger, P., Krejci, R.	4. 巻 22
2. 論文標題 Composition and mixing state of Arctic aerosol and cloud residual particles from long-term single-particle observations at Zeppelin Observatory, Svalbard	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 14421 ~ 14439
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5194/acp-22-14421-2022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Pasquier, J. T. et al. (Tobo, Y.とAdachi, K.が共著者)	4. 巻 103
2. 論文標題 The Ny-Alesund Aerosol Cloud Experiment (NASCENT): Overview and First Results	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bulletin of the American Meteorological Society	6. 最初と最後の頁 E2533 ~ E2558
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/bams-d-21-0034.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 三隅 良平, 岩本 洋子, 當房 豊, 森 樹大, 三浦 和彦	4. 巻 37
2. 論文標題 東京スカイツリーでのエアロゾル・雲研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 エアロゾル研究	6. 最初と最後の頁 96 ~ 103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11203/jar.37.96	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Misumi, R., Uji, Y., Miura, K., Mori, T., Tobo, Y., Iwamoto, Y.	4. 巻 272
2. 論文標題 Classification of aerosol-cloud interaction regimes over Tokyo	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Atmospheric Research	6. 最初と最後の頁 106150 ~ 106150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.atmosres.2022.106150	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kinase, T., Adachi K., Hayashi, M., Hara, K., Nishiguchi, K., Kajino, M.	4. 巻 290
2. 論文標題 Characterization of aerosol particles containing trace elements (Ga, As, Rb, Mo, Cd, Cs, Tl, and others) and their atmospheric concentrations with a high temporal resolution	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Atmospheric Environment	6. 最初と最後の頁 119360 ~ 119360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.atmosenv.2022.119360	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Adachi, K., Oshima, N., Takegawa, N., Moteki, N., Koike, M.	4. 巻 3
2. 論文標題 Meteoritic materials within sulfate aerosol particles in the troposphere are detected with transmission electron microscopy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Communications Earth and Environment	6. 最初と最後の頁 134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43247-022-00469-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida, A., Moteki, N., Adachi, K.	4. 巻 56
2. 論文標題 Identification and particle sizing of submicron mineral dust by using complex forward-scattering amplitude data	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Aerosol Science and Technology	6. 最初と最後の頁 609 ~ 622
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/02786826.2022.2057839	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Adachi, K., Dibb, J. E., Scheuer, E., Katich, J. M., Schwarz, J. P., Perring, A. E., Mediavilla, B., Guo, H., Campuzano Jost, P., Jimenez, J. L., Crawford, J., Soja, A. J., Oshima, N., Kajino, M., Kinase, T., Kleinman, L., Sedlacek, A. J., Yokelson, R. J., Buseck, P. R.	4. 巻 127
2. 論文標題 Fine Ash Bearing Particles as a Major Aerosol Component in Biomass Burning Smoke	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2021JD035657
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JD035657	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Onuma, Y., Takeuchi, N., Uetake, J., Niwano, M., Tanaka, S., Nagatsuka, N., Aoki, T.	4. 巻 First View
2. 論文標題 Modeling seasonal growth of phototrophs on bare ice on the Qaanaaq Ice Cap, northwestern Greenland	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Glaciology	6. 最初と最後の頁 1 ~ 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jog.2022.76	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ohata, S., Mori, T., Kondo, Y., Sharma, S., Hyvarinen, A., Andrews, E., Tunved, P., Asmi, E., Backman, J., Servomaa, H., Veber, D., Eleftheriadis, K., Vratolis, S., Krejci, R., Zieger, P., Koike, M., Kanaya, Y., Yoshida, A., Moteki, N., Zhao, Y., Tobo, Y., Matsushita, J., Oshima, N.	4. 巻 14
2. 論文標題 Estimates of mass absorption cross sections of black carbon for filter-based absorption photometers in the Arctic	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Atmospheric Measurement Techniques	6. 最初と最後の頁 6723 ~ 6748
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/amt-14-6723-2021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Inoue, J., Tobo, Y., Taketani, F., Sato, K.	4. 巻 48
2. 論文標題 Oceanic supply of ice nucleating particles and its effect on ice cloud formation: A case study in the Arctic Ocean during a cold air outbreak in early winter	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2021GL094646
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021gl094646	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Inoue, J., Tobo, Y., Sato, K., Taketani, F., Maturilli, M.	4. 巻 14
2. 論文標題 Application of cloud particle sensor sondes for estimating the number concentration of cloud water droplets and liquid water content: case studies in the Arctic region	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Atmospheric Measurement Techniques	6. 最初と最後の頁 4971 ~ 4987
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/amt-14-4971-2021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kawai, K., Matsui, H., Tobo, Y.	4. 巻 126
2. 論文標題 High potential of Asian dust to act as ice nucleating particles in mixed phase clouds simulated with a global aerosol climate model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2020JD034263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020jd034263	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mori, T., Kondo, Y., Ohata, S., Goto Azuma, K., Fukuda, K., Ogawa Tsukagawa, Y., Moteki, N., Yoshida, A., Koike, M., Sinha, P. R., Oshima, N., Matsui, H., Tobo, Y., Yabuki, M., Aas, W.	4. 巻 126
2. 論文標題 Seasonal variation of wet deposition of black carbon at Ny Alesund, Svalbard	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2020JD034110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020jd034110	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Uetake, J., Tobo, Y., Kobayashi, S., Tanaka, K., Watanabe, S., DeMott, P. J., Kreidenweis, S. M.	4. 巻 788
2. 論文標題 Visualization of the seasonal shift of a variety of airborne pollens in western Tokyo	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 147623 ~ 147623
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2021.147623	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Koike, M., Goto-Azuma, K., Kondo, Y., Matsui, H., Mori, T., Moteki, N., Ohata, S., Okamoto, H., Oshima, N., Sato, K., Takano, T., Tobo, Y., Ukita, J., Yoshida, A.	4. 巻 27
2. 論文標題 Studies on Arctic aerosols and clouds during the ArCS project	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polar Science	6. 最初と最後の頁 100621 ~ 100621
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polar.2020.100621	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Abe, Y., Onozaki, S., Nakai, I., Adachi, K., Igarashi, Y., Oura, Y., Ebihara, M., Miyasaka, T., Nakamura, H., Sueki, K., Tsuruta, H., Moriguchi, Y.	4. 巻 8
2. 論文標題 Widespread distribution of radiocesium-bearing microparticles over the greater Kanto Region resulting from the Fukushima nuclear accident	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-020-00403-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ohata, S., Koike, M., Yoshida, A., Moteki, N., Adachi, K., Oshima, N., Matsui, H., Eppers, O., Bozem, H., Zanatta, M., and Herber, A. B.	4. 巻 21
2. 論文標題 Arctic black carbon during PAMARCMiP 2018 and previous aircraft experiments in spring	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 15861 ~ 15881
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-21-15861-2021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kajino, M., Deushi, M., Sekiyama, T. T., Oshima, N., Yumimoto, K., Tanaka, T. Y., Ching, J., Hashimoto, A., Yamamoto, T., Ikegami, M., Kamada, A., Miyashita, M., Inomata, Y., Shima, S., Khatri, P., Shimizu, A., Irie, H., Adachi, K., Zaizen, Y., Igarashi, Y., Ueda, H., Maki, T., Mikami, M.	4. 巻 14
2. 論文標題 Comparison of three aerosol representations of NHM-Chem (v1.0) for the simulations of air quality and climate-relevant variables	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geoscientific Model Development	6. 最初と最後の頁 2235 ~ 2264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/gmd-14-2235-2021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Nagatsuka, N., Goto-Azuma, K., Tsushima, A., Fujita, K., Matoba, S., Onuma, Y., Dallmayr, R., Kadota, M., Hirabayashi, M., Ogata, J., Ogawa-Tsukagawa, Y., Kitamura, K., Minowa, M., Komuro, Y., Motoyama, H., Aoki, T.	4. 巻 17
2. 論文標題 Variations in mineralogy of dust in an ice core obtained from northwestern Greenland over the past 100 years	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Climate of the Past	6. 最初と最後の頁 1341 ~ 1362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/cp-17-1341-2021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Koike, M., Goto-Azuma, K., Kondo, Y., Matsui, H., Mori, T., Moteki, N., Ohata, S., Okamoto, H., Oshima, N., Sato, K., Takano, T., Tobo, Y., Ukita, J., Yoshida, A.	4. 巻 27
2. 論文標題 Studies on Arctic aerosols and clouds during the ArCS project	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polar Science	6. 最初と最後の頁 100621
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polar.2020.100621	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Adachi, K., Oshima, N., Ohata, S., Yoshida, A., Moteki, N., Koike, M.	4. 巻 21
2. 論文標題 Compositions and mixing states of aerosol particles by aircraft observations in the Arctic springtime, 2018	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 3607 ~ 3626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-21-3607-2021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tobo, Y., Uetake, J., Matsui, H., Moteki, N., Uji, Y., Iwamoto, Y., Miura, K., Misumi, R.	4. 巻 125
2. 論文標題 Seasonal trends of atmospheric ice nucleating particles over Tokyo	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2020JD033658
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JD033658	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 松木 篤、岩田 歩、張 代洲、小島 知子、山田 丸、當房 豊	4. 巻 35
2. 論文標題 黄砂の混合状態が持つ気候学的重要性 個別粒子観察の見地から	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 エアロゾル研究	6. 最初と最後の頁 5 ~ 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11203/jar.35.5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Onuma, Y., Takeuchi, N., Tanaka, S., Nagatsuka, N., Niwano, M., Aoki, T.	4. 巻 14
2. 論文標題 Physically based model of the contribution of red snow algal cells to temporal changes in albedo in northwest Greenland	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Cryosphere	6. 最初と最後の頁 2087 ~ 2101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/tc-14-2087-2020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Adachi, K., Oshima, N., Gong, Z., de Sa, S., Bateman, A. P., Martin, S. T., de Brito, J. F., Artaxo, P., Cirino, G. G., Sedlacek III, A. J., Buseck, P. R.	4. 巻 20
2. 論文標題 Mixing states of Amazon basin aerosol particles transported over long distances using transmission electron microscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 11923 ~ 11939
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-20-11923-2020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kleinman, L. I., Sedlacek III, A. J., Adachi, K., Buseck, P. R., Collier, S., Dubey, M. K., Hodshire, A. L., Lewis, E., Onasch, T. B., Pierce, J. R., Shilling, J., Springston, S. R., Wang, J., Zhang, Q., Zhou, S., Yokelson, R. J.	4. 巻 20
2. 論文標題 Rapid evolution of aerosol particles and their optical properties downwind of wildfires in the western US	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 13319 ~ 13341
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-20-13319-2020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yoshizue, M., Taketani, F., Adachi, K., Iwamoto, Y., Tohjima, Y., Mori, T., Miura, K.	4. 巻 11
2. 論文標題 Detection of aerosol particles from Siberian biomass burning over the western North Pacific	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Atmosphere	6. 最初と最後の頁 1175 ~ 1175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/atmos11111175	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takegawa, N., Seto, T., Moteki, N., Koike, M., Oshima, N., Adachi, K., Kita, K., Takami, A., Kondo, Y.	4. 巻 125
2. 論文標題 Enhanced new particle formation above the marine boundary layer over the Yellow Sea: Potential impacts on cloud condensation nuclei	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2019JD031448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JD031448	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sun, C., Adachi, K., Misawa, K., Cheung, H. C., Chou, C. C. K., Takegawa, N.	4. 巻 125
2. 論文標題 Mixing state of black carbon particles in Asian outflow observed at a remote site in Taiwan in the spring of 2017	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2020JD032526
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JD032526	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hartmann, M., Adachi, K., Eppers, O., Haas, C., Herber, A., Holzinger, R., Hunerbein, A., Jakel, E., Jentsch, C., Pinxteren, M., Wex, H., Willmes, S., Stratmann, F.	4. 巻 47
2. 論文標題 Wintertime airborne measurements of ice nucleating particles in the high Arctic: A hint to a marine, biogenic source for ice nucleating particles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2020GL087770
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020GL087770	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 當房 豊	4. 巻 41
2. 論文標題 混相雲内でのエアロゾルの氷晶核としての役割	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 大気化学研究	6. 最初と最後の頁 041A02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Adachi, K., Sedlacek, A. J., Kleinman, L., Springston, S. R., Wang, J., Chand, D., Hubbe, J. M., Shilling, J. E., Onasch, T. B., Kinase, T., Sakata, K., Takahashi, Y., Buseck, P. R.	4. 巻 116
2. 論文標題 Spherical tarball particles form through rapid chemical and physical changes of organic matter in biomass-burning smoke	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 19336 ~ 19341
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.1900129116	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Uetake, J., Tobo, Y., Uji, Y., Hill, T. C. J., DeMott, P. J., Kreidenweis, S. M., Misumi, R.	4. 巻 10
2. 論文標題 Seasonal changes of airborne bacterial communities over Tokyo and influence of local meteorology	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Microbiology	6. 最初と最後の頁 1572
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmicb.2019.01572	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Uetake, J., Nagatsuka, N., Onuma, Y., Takeuchi, N., Motoyama, H., Aoki, T.	4. 巻 95
2. 論文標題 Bacterial community changes with granule size in cryoconite and their susceptibility to exogenous nutrients on NW Greenland glaciers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 FEMS Microbiology Ecology	6. 最初と最後の頁 fiz075
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/femsec/fiz075	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshizue, M., Iwamoto, Y., Adachi, K., Kato, S., Sun, S., Miura, K., Uematsu, M.	4. 巻 75
2. 論文標題 Individual particle analysis of marine aerosols collected during the North-South transect cruise in the Pacific Ocean and its marginal seas	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 513 ~ 524
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-019-00519-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ching, J., Adachi, K., Zaizen, Y., Igarashi, Y., Kajino, M.	4. 巻 2
2. 論文標題 Aerosol mixing state revealed by transmission electron microscopy pertaining to cloud formation and human airway deposition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 npj Climate and Atmospheric Science	6. 最初と最後の頁 22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41612-019-0081-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hiranuma, N., Adachi, K., Bell, D. M., Belosi, F., Beydoun, H., Bhaduri, B., Bingemer, H., Budke, C., Clemen, H.-C., Conen, F. et al.	4. 巻 19
2. 論文標題 A comprehensive characterization of ice nucleation by three different types of cellulose particles immersed in water	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 4823 ~ 4849
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-19-4823-2019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 小野崎 晴佳、阿部 善也、中井 泉、足立 光司、五十嵐 康人、大浦 泰嗣、海老原 充、宮坂 貴文、中村 尚、末木 啓介、鶴田 治雄、森口 祐一	4. 巻 68
2. 論文標題 福島第一原子力発電所事故により1号機から放出された放射性エアロゾルの物理・化学的性状の解明	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 分析化学	6. 最初と最後の頁 757 ~ 768
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/bunsekikagaku.68.757	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mori, T., Goto Azuma, K., Kondo, Y., Ogawa Tsukagawa, Y., Miura, K., Hirabayashi, M., Oshima, N., Koike, M., Kupiainen, K., Moteki, N., Ohata, S., Sinha, P. R., Sugiura, K., Aoki, T., Schneebeli, M., Steffen, K., Sato, A., Tsushima, A., Makarov, V., Omiya, S., Sugimoto, A., Takano, S., Nagatsuka, N.	4. 巻 124
2. 論文標題 Black carbon and inorganic aerosols in Arctic snowpack	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 13325 ~ 13356
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JD030623	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shigeyama, W., Nagatsuka, N., Homma, T., Takata, M., Goto-Azuma, K., Weikusat, I., Drury, M. R., Kuiper, E.-J. N., Mateiu, R. V., Azuma, N., Dahl-Jensen, D., Kipfstuhl, S.	4. 巻 37
2. 論文標題 Microstructural analysis of Greenland ice using a cryogenic scanning electron microscope equipped with an electron backscatter diffraction detector	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bulletin of Glaciological Research	6. 最初と最後の頁 31 ~ 45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5331/bgr.19R01	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kinase, T., Adachi, K., Oshima, N., Goto Azuma, K., Ogawa Tsukagawa, Y., Kondo, Y., Moteki, N., Ohata, S., Mori, T., Hayashi, M., Hara, K., Kawashima, H., Kita, K.	4. 巻 125
2. 論文標題 Concentrations and size distributions of black carbon in the surface snow of eastern Antarctica in 2011	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2019JD030737
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JD030737	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 當房 豊, 足立 光司, 松井 仁志, 河合 慶, 大畑 祥, 近藤 豊, 猪上 淳, 小池 真
2. 発表標題 スヴァールバル諸島での氷晶核粒子の変動に関する考察
3. 学会等名 2022年度 エアロゾル・雲・降水に関する研究集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 當房 豊
2. 発表標題 混相雲内での氷晶形成に関わるエアロゾル
3. 学会等名 東京大学大気海洋研究所 気候システムセミナー (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tobo, Y., Matsui, H., Kawai, K., Ohata, S., Kondo, Y., Hermansen, O., Adachi, K., Inoue, J., Koike, M.
2. 発表標題 Insights from a year-round record of ice nucleating particles over Svalbard during MOSAiC
3. 学会等名 3rd CATCH Open Science Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 當房 豊, 松井 仁志, 河合 慶, 大畑 祥, 近藤 豊, Hermansen, O., 猪上 淳, 小池 真
2. 発表標題 MOSAICの期間におけるスヴァールバル諸島での氷晶核粒子の季節変動
3. 学会等名 2021年度 エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 當房 豊
2. 発表標題 北極の大気中でみられるバイオエアロゾルの起源について
3. 学会等名 ROIS若手+ベテラン異分野クロストーク
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 當房 豊
2. 発表標題 北極域でのエアロゾル - 雲相互作用
3. 学会等名 東京大学 地球惑星システム科学セミナー (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tobo, Y., Matsui, H., Kawai, K., Ohata, S., Kondo, Y., Hermansen, O., Inoue, J., Koike, M.
2. 発表標題 Year-round measurements of ice nucleating particles in Svalbard during MOSAIC 2019/20
3. 学会等名 12th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tobo, Y.
2. 発表標題 Introduction of aerosol and cloud research contributors from Japan during MOSAiC
3. 学会等名 Svalbard/MOSAiC workshop on snow, sea-ice and aerosol interactions in the Arctic (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Adachi, K.
2. 発表標題 Physical and chemical analyses of aerosol particles from biomass burning using transmission electron microscopy
3. 学会等名 Pacifichem2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nagatsuka, N.
2. 発表標題 Variations in mineralogy of dust in ice cores obtained from northwestern and northeastern Greenland over the past 100 years
3. 学会等名 14th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tobo, Y.
2. 発表標題 Variability of aerosols related to cloud formation over the Svalbard region
3. 学会等名 11th Ice Nucleation Colloquium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 當房 豊、植竹 淳、松井 仁志、茂木 信宏、宇治 靖、岩本 洋子、三浦 和彦、三隅 良平
2. 発表標題 大気中の氷晶核粒子の季節変動：東京スカイツリーの事例
3. 学会等名 2020年度 エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 當房 豊
2. 発表標題 スヴァールバル諸島・Zeppelin山における雲凝結核・氷晶核の研究
3. 学会等名 気候物質科学セミナー（東京大学）（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Adachi, K., Kinase, T., Scheuer, E. M., Dibb, J. E., Katich, J. M., Schwarz, J. P.
2. 発表標題 Spherical tarballs form through chemical and physical evolution of primary organic particles in biomass-burning smoke
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Adachi, K.
2. 発表標題 Spherical tarballs form through chemical and physical evolution of primary organic particles in biomass-burning smoke
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tobo, Y., Uetake, J., Uji, Y., Iwamoto, Y., Mori, T., Miura, K., Misumi R.
2. 発表標題 Routine measurements of atmospheric ice nucleating particles on Tokyo Skytree: Preliminary results in 2016/2017
3. 学会等名 11th Asian Aerosol Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 當房 豊
2. 発表標題 大気中のダスト・微生物とその雲微物理への影響
3. 学会等名 ニールスン新基地を利用した研究の新展開に関する研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tobo, Y.
2. 発表標題 High-latitude dust and its potential impact on atmospheric ice nucleation
3. 学会等名 3rd PACES Open Science Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 當房 豊、植竹 淳、松井 仁志、宇治 靖、岩本 洋子、森 樹大、三浦 和彦、三隅 良平
2. 発表標題 黄砂飛来時における東京スカイツリーでの氷晶核の観測：2017年5月の事例
3. 学会等名 日本気象学会 2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Adachi, K., Kinase, T.
2. 発表標題 Single-particle analyses of aerosol particles using transmission electron microscopy and cold stages with an optical and scanning electron microscopes
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永塚 尚子、東 久美子、對馬 あかね、本山 秀明、的場 澄人、藤田 耕史、山崎 哲秀、大沼 友貴彦、箕輪 昌紘、青木 輝夫、平林 幹啓
2. 発表標題 走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いたグリーンランドSIGMA-Dアイスコア中の過去100年間の鉱物組成変動の解明
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永塚 尚子、東 久美子、對馬 あかね、本山 秀明、的場 澄人、藤田 耕史、山崎 哲秀、大沼 友貴彦、箕輪 昌紘、青木 輝夫、平林 幹啓、中澤 文男、Dahl-Jensen D.
2. 発表標題 グリーンランド氷床アイスコアおよび積雪ピットサンプル中の過去100年間の鉱物組成変動の解明
3. 学会等名 日本雪氷学会 雪氷研究大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nagatsuka, N., Goto-Azuma, K., Tsushima, A., Motoyama, H., Matoba, S., Fujita, K., Yamasaki, T., Onuma, Y., Komuro, Y., Minowa, M., Aoki, T., Hirabayashi, M., Nakazawa, F., Dahl-Jensen, D.
2. 発表標題 Variations in mineralogy of dust in snow and ice core obtained from Greenland ice sheet over the past 100 years
3. 学会等名 NEGIS Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nagatsuka, N., Goto-Azuma, K., Tsushima, A., Motoyama, H., Matoba, S., Fujita, K., Yamasaki, T., Onuma, Y., Komuro, Y., Minowa, M., Aoki, T., Hirabayashi, M., Nakazawa, F., Dahl-Jensen, D.
2. 発表標題 Variations in mineralogy of dust in snow and ice core obtained from Greenland ice sheet over the past 100 years
3. 学会等名 10th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tobo, Y., Uetake, J., Matsui, H., Uji, Y., Iwamoto, Y., Miura, K., Misumi, R.
2. 発表標題 Variation of atmospheric INP number concentrations during continuous monitoring on Tokyo Skytree in 2016/2017
3. 学会等名 3rd Atmospheric Ice Nucleation Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 當房 豊
2. 発表標題 【総説】北極域での雲凝結核・氷晶核の研究
3. 学会等名 2019年度 エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Researchmap
<https://researchmap.jp/yutaka.tobo/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	足立 光司 (Adachi Kouji) (90630814)	気象庁気象研究所・全球大気海洋研究部・主任研究官 (82109)	
研究分担者	永塚 尚子 (Nagatsuka Naoko) (30733208)	国立極地研究所・研究教育系・特任研究員 (62611)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
米国	Colorado State University			
ノルウェー	Norwegian Polar Institute	NILU	University of Oslo	
スウェーデン	Stockholm university			
ドイツ	Alfred Wegener Institute	University of Cologne		
スイス	ETH Zurich	EPFL	University of Basel	
イタリア	CNR			