

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 25 日現在

機関番号：62611

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H06020

研究課題名(和文)北極域混相雲の頻発領域におけるエアロゾルの氷晶核能の詳細解明

研究課題名(英文) Investigation of ice nucleating particles in a frequent occurrence region of Arctic mixed-phase clouds

研究代表者

當房 豊 (TOBO, Yutaka)

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) 25,000,000円

研究成果の概要(和文)：北極域の下層大気では、混相雲(過冷却水滴と氷晶が混在する雲)が年間を通して頻繁に発生しており、北極域の気象や気候、生態系などに大きな影響を及ぼしている。本研究では、北極域でも特に混相雲の発生頻度が高い地域であるスヴァールバル諸島にて、混相雲内での氷形成過程にかかわる氷晶核(氷形成能力を有するエアロゾル粒子)の観測を実施した。スヴァールバル諸島のZeppelin山観測所にて氷晶核の数濃度を計測したところ、夏季には冬季よりも1桁高い値を示すという結果が得られた。夏季における氷晶核濃度の増加の原因としては、スヴァールバル諸島内もしくは近辺で発生したダストが影響していた可能性が高いことを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

夏季に北極陸域から発生するダストが、大気中での氷晶核の数濃度の大幅な増加をもたらしていることは、本研究によって初めて明らかになった成果である。今後、温暖化の進行によって積雪の融解や氷河の後退が進むと、北極陸域からのダストの発生量も増えるとも言われている。本研究で得られた成果は、現在、北極域で急速に進行しているとされる温暖化の影響によって、北極域上空でのエアロゾルや混相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)：Arctic mixed-phase clouds composed of both supercooled liquid droplets and ice crystals occur frequently in the lower troposphere throughout the year and have large impacts on the Arctic weather, climate, and ecosystem. In this work, we have conducted field measurements of ice nucleating particles (INPs) in Svalbard, which is known as a frequent occurrence region of Arctic mixed-phase clouds. Our measurements at the Zeppelin Observatory in Svalbard revealed that the INP number concentrations in summertime were roughly one order of magnitude higher than those in wintertime. Our results further suggested that the enhanced INP number concentrations in summertime were probably caused by the emission of high-latitude dusts having remarkably high ice nucleating ability from the Svalbard region and/or its surroundings.

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 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) 氷晶核(氷形成能力を有するエアロゾル粒子)の存在は、極微量であっても、地球の気象や気候、生態系に多大な影響を及ぼす。北極域の下層大気(数百メートル~数キロメートルの高度)では、年間を通して混相雲(過冷却水滴と氷晶とが混在する雲)が頻繁に発生しているが、混相雲内での氷形成過程には、氷晶核として機能するエアロゾル粒子の存在が必須である。しかしながら、北極域の大気中における氷晶核の数濃度については、その計測が技術的に非常に困難であることから、実測データがほとんど報告されてきていなかった。

(2) 氷晶核の数濃度の計測には、任意の温度と湿度に調整された雲生成チャンバー内にエアロゾル粒子を注入し、その条件下で氷晶を形成したものを計測する手法がよく使われてきている。しかし、そのような計測手法を用いた場合、大型で高価な設備が必要になるだけでなく、氷晶核の数濃度が約 1 L^{-1} 以上でないと計測ができないという欠点があった。北極域における氷晶核の数濃度は非常に低いため、雲生成チャンバーで計測することは技術的にかなり厳しい。

(3) そこで、本研究を開始する前に、超低濃度状態(1 L^{-1} 未満)でも氷晶核の計測が可能な手法である水滴凍結法(エアロゾル粒子を含む水滴を低温プレート上で冷却することで、それらの粒子の氷形成能力を計測する手法)の開発・改良に取り組むことにした。その結果、「幅広い温度範囲(約 $-30^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$)でも適用可能な新たな水滴凍結法」の開発に成功し、オリジナルの実験系である CRAFT (Cryogenic Refrigerator Applied to Freezing Test) を確立した(引用文献①)。また、コロラド州立大学の Paul J. DeMott 博士らと国際共同実験によって、CRAFT を用いて超低濃度状態(1 L^{-1} 未満)であっても大気中の氷晶核の数濃度を定量的に計測できることを実証してきた(引用文献②)。

(4) 北極域の大気中における氷晶核に関しては、その供給源についてもよくわかっていない。先行研究では、北極域の海洋表層から大気中へと放出される非水溶性の有機物や低~中緯度の乾燥地帯から北極域へと長距離輸送されるダストが主な氷晶核の供給源となっている可能性があることが、室内実験や数値モデルの結果を元に指摘されていた(引用文献③)。しかし、実際の大気中での観測に基づいた科学的知見は、非常に乏しい状況であった。

2. 研究の目的

(1) 新たに確立した氷晶核の計測手法である CRAFT を用いることによって、北極域の中でも混相雲の発生頻度が最も高いといわれているスヴァールバル諸島において、氷晶核がどの程度の数濃度で存在するのかを明らかにする。

(2) 周囲の環境の変化(積雪に伴う地面の露出状態の変化など)に応じて、スヴァールバル諸島における氷晶核の数濃度がどのように変動するのかを検証する。

3. 研究の方法

(1) スヴァールバル諸島の Zeppelin 山観測所(高度 474 メートル)に、エアロゾルサンプラーを設置し、メンブレンフィルター上にエアロゾル粒子を捕集した。フィルター上に捕集されたエアロゾル試料については、国立極地研究所の実験室に持ち帰った後に、超純水(Milli-Q 水)中に抽出することにより、エアロゾル粒子を含んだ懸濁液を作成した。その懸濁液から体積 $5\ \mu\text{L}$ の水滴を低温プレート上に滴下し(通常、各実験には 49 個の水滴を使用)、CRAFT を用いることによって毎分 1°C の冷却率で冷却することにより、各温度で凍結した水滴の割合を計数した。そのような水滴凍結実験によって得られる結果を元にして、水滴中に含まれるエアロゾル粒子の氷形成能力を計測し、さらに大気中での氷晶核の数濃度がどの程度なのかを算出した。

(2) フィルター上に捕集されたエアロゾル粒子の一部については、X 線分析装置を搭載した走査型電子顕微鏡(SEM/EDX)による分析に使用し、エアロゾル粒子の大きさや形状、化学組成などを調べた。

(3) 北極域から発生するダスト粒子の氷形成能力を明らかにするため、スヴァールバル諸島のブレッガー氷河付近に分布するアウトウォッシュ・プレーン(氷河末端から流れだす網状の流路をもつ水流により、氷河の前面に形成される扇状地状の堆積平野地形)にて氷河堆積物(ダスト)を採取し、CRAFT を用いることによって、それらの氷形成能力を調べた。

4. 研究成果

(1) 夏季(2016年7月)と冬季(2017年3月)に、スヴァールバル諸島の Zeppelin 山観測所にてエアロゾル粒子の捕集を約 24 時間毎に実施した。その際に得られた試料を分析することで明らかになった氷晶核の数濃度を図 1 に示す。先行研究(引用文献④)で報告されている北極域の海洋上空での計測値と比較すると、冬季の値は海洋上空で報告されている値とほぼ同程度であったが、夏季の値は約 1 桁高くなっていたことが明らかになった(引用文献⑤)。

(2) 2016年7月に Zeppelin 山観測所にて捕集したエアロゾル粒子を SEM/EDX で分析したところ、ダストがその大半を占めていたことがわかった (引用文献⑤)。その期間の空気塊の履歴を後方流跡線解析によって調べると、これらのダストは、低～中緯度からの長距離輸送によりもたらされたのではなく、スヴァールバル諸島内もしくはその近辺で発生したものであったことが示唆された。これらは夏季に北極陸域の積雪が溶けて地表面が露出した際に、アウトウォッシュ・プレーン等から放出されたものである可能性が高いことも本研究の結果からは強く示唆された (図 2)。

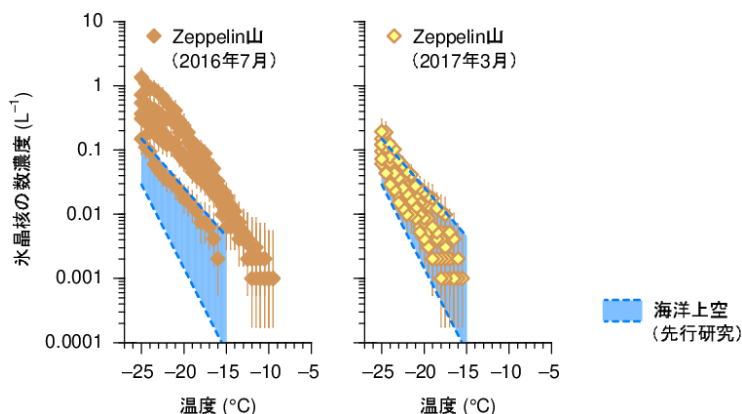


図 1 夏季 (2016 年 7 月) と冬季 (2017 年 3 月) にスヴァールバル諸島の Zeppelin 山観測所にて計測された氷晶核の数濃度。比較対象として、先行研究 (引用文献④) で報告されている海洋上空での値も例示した。本図は引用文献⑤を元に作成。

(3) スヴァールバル諸島に分布するアウトウォッシュ・プレーンにて採取したダストの氷形成能力を調べた。その結果、低～中緯度のダスト粒子は約 -15°C 以下にならないと氷晶核として機能しないのに対し、スヴァールバル諸島起源のダストは、約 -5°C でも氷晶核として働く (つまり氷形成能力が極めて高い) ことが本研究によって明らかになった (引用文献⑤)。その原因としては、スヴァールバル諸島起源のダストには、ごく微量 (1 wt%以下) ながら、極めて高い氷形成能力を有する有機物が含まれていることがわかった。

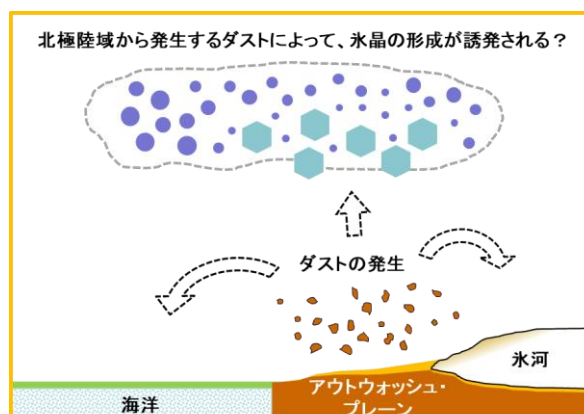


図 2 夏季の北極圏で発生するダストが氷晶形成に及ぼす影響の概念図。本図は Tobo et al. (2019, 引用文献⑤) 発表時のプレスリリース (<https://www.nipr.ac.jp/info/notice/20190326.html>) より転載。

(4) 以上のことから、夏季のスヴァールバル諸島の上空には、北極陸域から発生する氷形成能力が非常に高いダストが多く飛散しており、それらが大気中の氷晶核の数濃度の大幅な増加をもたらしている可能性が高いことが強く示唆された (図 2)。

<引用文献>

- ① Tobo, Y. An improved approach for measuring immersion freezing in large droplets over a wide temperature range. *Sci. Rep.* **6**, 32930 (2016).
- ② DeMott, P. J. et al. Comparative measurements of ambient atmospheric concentrations of ice nucleating particles using multiple immersion freezing methods and a continuous flow diffusion chamber. *Atmos. Chem. Phys.* **17**, 11227–11245 (2017).
- ③ Wilson, T. W. et al. A marine biogenic source of atmospheric ice-nucleating particles. *Nature* **525**, 234–238 (2015).
- ④ 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).
- ⑤ Tobo, Y. et al. Glacially sourced dust as a potentially significant source of ice nucleating particles. *Nat. Geosci.* **12**, 253–258 (2019).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 6件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Tobo, Y., Adachi, K., DeMott, P. J., Hill, T. C. J., Hamilton, D. S., Mahowald, N. M., Nagatsuka, N., Ohata, S., Uetake, J., Kondo, Y., Koike, M.	4. 巻 12
2. 論文標題 Glacially sourced dust as a potentially significant source of ice nucleating particles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Geoscience	6. 最初と最後の頁 253 ~ 258
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41561-019-0314-x	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 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 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 Hiranuma, N. et al. (52 co-authors)	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 Misumi, R., Uji, Y., Tobo, Y., Miura, K., Uetake, J., Iwamoto, Y., Maesaka, T., Iwanami, K.	4. 巻 96
2. 論文標題 Characteristics of droplet size distributions in low-level stratiform clouds observed from Tokyo Skytree	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan	6. 最初と最後の頁 405 ~ 413
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2018-040	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 DeMott, P. J., Mason, R. H., McCluskey, C. S., Hill, T. C. J., Perkins, R. J., Desyaterik, Y., Bertram, A. K., Trueblood, J. V., Grassian, V. H., Qiu, Y., Molinero, V., Tobo, Y., Sultana, C. M., Lee, C., Prather, K. A.	4. 巻 20
2. 論文標題 Ice nucleation by particles containing long-chain fatty acids of relevance to freezing by sea spray aerosols	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Environmental Science: Processes and Impacts	6. 最初と最後の頁 1559 ~ 1569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8EM00386F	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 DeMott, P. J., Hill, T. C. J., Petters, M. D., Bertram, A. K., Tobo, Y. et al.	4. 巻 17
2. 論文標題 Comparative measurements of ambient atmospheric concentrations of ice nucleating particles using multiple immersion freezing methods and a continuous flow diffusion chamber	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 11227 ~ 11245
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-17-11227-2017	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 Tobo, Y.	4. 巻 6
2. 論文標題 An improved approach for measuring immersion freezing in large droplets over a wide temperature range	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 32930
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/srep32930	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 Hill, T. C. J., DeMott, P. J., Tobo, Y., Frohlich-Nowoisky, J., Moffett, B. F., Franc, G. D., Kreidenweis, S. M.	4. 巻 16
2. 論文標題 Sources of organic ice nucleating particles in soils	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 7195 ~ 7211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-16-7195-2016	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

[学会発表] 計31件(うち招待講演 3件/うち国際学会 14件)

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

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、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 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
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., 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、植竹 淳、宇治 靖、岩本 洋子、森 樹大、三浦 和彦、三隅 良平
2. 発表標題 2016～2017年の東京スカイツリーでの氷晶核の観測
3. 学会等名 東京理科大学 総合研究院 大気科学研究部門 第3回成果報告会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 當房 豊
2. 発表標題 氷晶核として働く微生物に関する研究
3. 学会等名 2018年度 極域大気～アイスコア中の微生物に関する研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 當房 豊、足立 光司、DeMott, P. J.、 Hill, T. C. J.、 Hamilton, D. S.、 Mahowald, N. M.、 永塚 尚子、大畑 祥、植竹 淳、近藤 豊、小池 真
2. 発表標題 夏季のスヴァールバル諸島での氷晶核に関する調査研究
3. 学会等名 2018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 2019年

1. 発表者名 當房 豊
2. 発表標題 北極圏の海洋および陸域の上空での氷晶核の調査研究
3. 学会等名 ミニ研究会「大気-海洋境界層における大気物質の役割」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 當房 豊、茂木 信宏、足立 光司、大畑 祥、吉田 淳、近藤 豊、小池 真
2. 発表標題 黒い微粒子の水核活性の評価
3. 学会等名 日本気象学会 2018年度秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tobo, Y., Adachi, K., DeMott, P. J., Hill, T. C. J., Hamilton, D. S., Mahowald, N. M., Nagatsuka, N., Ohata, S., Uetake, J., Kondo, Y., Koike, M., Mazzola, M., Cappelletti, D.
2. 発表標題 Recent progress and perspectives in ice nucleation studies at Ny-Alesund, Svalbard
3. 学会等名 Ny-Alesund Atmosphere Flagship open workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tobo, Y., Moteki, N., Adachi, K., Ohata, S., Yoshida, A., Koike, M., Kondo, Y.
2. 発表標題 Evaluation of immersion freezing properties of dark-colored particles under mixed-phase cloud conditions
3. 学会等名 10th International Aerosol Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北極圏での氷晶核とローカルダストに関する研究
2. 発表標題 當房 豊
3. 学会等名 気候物質科学セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 當房 豊
2. 発表標題 Potential influence of aerosols on ice nucleation in mixed-phase clouds
3. 学会等名 JpGU Meeting 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 當房 豊
2. 発表標題 ニールスンにおけるエアロゾルの氷核活性に関する調査研究
3. 学会等名 平成30年度 ArCSプロジェクト全体会合
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 當房 豊
2. 発表標題 スバルバル諸島での氷晶核の観測に関する報告と展望
3. 学会等名 2017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 2018年

1. 発表者名 Tobo, Y., Adachi, K., Nagatsuka, N., DeMott, P. J., Hill, T. C. J., Ohata, S., Kondo, Y., Koike, M.
2. 発表標題 Seasonal differences in the characteristics of ice nucleating particles on Mt. Zeppelin in Ny-Alesund, Svalbard: A case study in 2016/2017
3. 学会等名 5th International Symposium on Arctic Research (ISAR-5) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tobo, Y., Adachi, K., Nagatsuka, N., DeMott, P. J., Hill, T. C. J., Ohata, S., Kondo, Y., Koike, M.
2. 発表標題 Enhanced concentrations of ice nucleating particles in Svalbard during summer: Possible linkage with local dust emissions
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tobo, Y., Murata, K.
2. 発表標題 A novel and simple approach for measuring ice nucleating particles in the atmosphere
3. 学会等名 8th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 當房 豊、足立 光司、DeMott, P. J., Hill, T. C. J., 大畑 祥、近藤 豊、小池 真
2. 発表標題 スバルバル諸島・ニーオルスンでの氷晶核の計測：2016年7月の事例
3. 学会等名 日本気象学会 2017年度秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 當房 豊、足立 光司、植竹 淳、Hill, T. C. J., DeMott, P. J., 小池 真
2. 発表標題 夏季のスバルバル諸島・ニーオルスンにおける氷晶核の計測
3. 学会等名 第34回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tobo, Y., Koike, M.
2. 発表標題 Challenges in understanding aerosol-cloud interactions in Svalbard
3. 学会等名 JSPS Japan-Norway Symposium 'Past, Present, and Future of the Arctic and Antarctic' (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tobo, Y., Koike, M., Moteki, N., Ohata, S., Mori, T., Yoshida, A., Shiobara, M., Uetake, J., Hiranuma, N., Pantazi, M.
2. 発表標題 Introduction of the ArcticCARE-2017 campaign
3. 学会等名 Atmosphere Flagship On Site Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 當房 豊
2. 発表標題 大気中の氷晶核数濃度のモニタリング体制の構築
3. 学会等名 2016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 2017年

1. 発表者名 Tobo, Y., Uetake, J., Uji, Y., Iwamoto, Y., Miura, K., Misumi, R.
2. 発表標題 Routine measurements of atmospheric ice nucleating particles on the Tokyo Skytree
3. 学会等名 Atmospheric Ice Nucleation Conference - Focus Meeting 9 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 當房 豊
2. 発表標題 東京スカイツリーで捕集した大気エアロゾルの氷晶核能
3. 学会等名 第1回 東京スカイツリー大気観測データ検討会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Tobo, Y., Uetake, J.
2. 発表標題 Intensive measurements of ice nucleating particles at Ny-Alesund, Svalbard, in summer 2016
3. 学会等名 7th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 當房 豊
2. 発表標題 鉍物エアロゾル粒子の表面状態の変化：吸湿性や氷核活性に与える影響
3. 学会等名 気候物質科学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 當房 豊、植竹 淳、Suski, K. J.、Schill, G. P.、Hill, T. C. J.、DeMott, P. J.
2. 発表標題 CRAFTを用いた氷晶核の数濃度の計測：コロラド高原での事例
3. 学会等名 日本気象学会 2016年度秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Tobo, Y., Nagatsuka, N., Uetake, J.
2. 発表標題 Evaluation of the immersion freezing behaviors of dust collected in northwest Greenland
3. 学会等名 17th International Conference on Clouds & Precipitation (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Researchmap
<http://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
--	---------------------------	-----------------------	----