

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H00787

研究課題名(和文) 大気エアロゾルが雲・降水過程に及ぼす影響解明に関する研究

研究課題名(英文) Study on the effects of atmospheric aerosols on clouds and precipitation processes

研究代表者

村上 正隆 (MURAKAMI, Masataka)

名古屋大学・宇宙地球環境研究所・特任教授

研究者番号：30354484

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 38,190,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の一環として雲生成チェンバー等を用いて実施した種々のエアロゾルの雲核・氷晶核特性に関する室内実験結果に基づき、エアロゾル・雲・降水統一パラメタリゼーションを開発し、名古屋大学が開発した雲解像(非静力学)モデル、CRESSへ実装した。全球(エアロゾル気候)モデルからのエアロゾルの3次元情報を雲解像モデルに取り込み、暖候期に日本周辺域に発生する降水雲群および乾燥・半乾燥域に発生する日周対流雲に関するシミュレーションを行い、既往研究から得られた航空機観測の結果や本研究の一環として実施したエアロゾルの地上モニタリングの結果を用いて、エアロゾルの雲・降水影響が適切に表現されていることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

雲核や氷晶核として働くエアロゾルの雲・降水影響は日々の天気予報から気候変動予測まで様々なスケールで重要な役割を果たしていることが認識され、1990年代からその影響に関する研究されてきたが、不確定性の軽減には至っていなかった。本研究で開発したモデルを用いたシミュレーションを行うことによって、エアロゾルの雲・降水影響、特に降水雲を介したエネルギー・水循環の変調を解明・評価し、天気予報および気候変動予測の精度向上につなげることが可能となった。波及効果として、このモデルは人工降雨・降雪などのエアロゾルによる意図的気象変化の効果を正確に評価する手法としても利用可能となった。

研究成果の概要(英文)：Based on the results of laboratory experiments on characterization of various aerosols as CCN and INP conducted using MRI cloud simulation chamber as part of this research, we developed aerosol-cloud-precipitation integrated parameterization. It was implemented in the cloud resolving (non-hydrostatic) model, CRESS, developed at Nagoya University. By incorporating the three-dimensional information of various atmospheric aerosols from the global (aerosol climate) model, SPRINTARS, into the cloud resolving model, CRESS-4ICE-AEROSOL, as initial and boundary conditions, we simulated the precipitating clouds that occurred around Japan during the warm season and the diurnal convection clouds that occurred in the arid and semi-arid regions. It was confirmed that this model properly reproduces aerosol effects on cloud / precipitation using the results of aircraft observations obtained from previous studies and the results of ground-based aerosol monitoring conducted as part of this study.

研究分野：気象学

キーワード：エアロゾル・雲・降水統一モデル エアロゾルの雲・降水影響 雲核 氷晶核 天気予報 気候変動予測 雲生成チェンバー 地上エアロゾルモニタリング

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

- (1) エアロゾルの雲・降水影響は、1990年代から気候変動予測における最大の不確定要因として広く認識され、エアロゾルが雲核として働き雲粒の数濃度や粒径を変調させ雲の放射特性を通して地球のエネルギー収支に影響を与えること(エアロゾルの第1種間接効果)を考慮した研究が進められてきたが、その不確定性の低減には至っていなかった。
- (2) 氷晶を含む深い対流雲もエアロゾルにより強く影響を受けることが指摘され、エアロゾルから雲・降水に至る過程が、雲の放射特性だけではなく、降水雲を介したエネルギー・水循環の変調を通して天気予報や気候変動予測に与える大きなインパクトが認識されていた。

2. 研究の目的

- (1) 最新技術を駆使した地上観測・室内実験・数値実験を有機的に結合した研究を推進し、エアロゾルの雲核・氷晶核特性、それに対応した雲の微物理構造を総合的に解析、雲粒・氷晶生成過程の定式化を行う。
- (2) その成果をエアロゾル・雲・降水統一モデルに組み込み、高精度な数値実験によりエアロゾルの雲・降水影響、特に降水雲を介したエネルギー・水循環の変調を解明・評価し、天気予報および気候変動予測の精度向上に資することを目的とする。

3. 研究の方法

- (1) 室内実験を行い、各種エアロゾルの雲核・氷晶核特性を定式化し、詳細雲微物理モデルへ組み込む。
- (2) 地上モニタリング観測を実施し、大気エアロゾルの雲核・氷晶核活性化特性およびその時間変動を解明する。大気エアロゾルを用いた雲生成実験から、雲粒・氷晶の残渣粒子を採取し、雲核・氷晶核として働いた大気エアロゾルの物理化学生物特性を同定する。
- (3) 全球(エアロゾル気候)モデルからのエアロゾル情報を取り込んだ雲解像モデルを用いて、エアロゾルの雲・降水影響を解明・評価する。

4. 研究成果

(1) エアロゾルの地上モニタリング

つくばでの地上観測による数年間のエアロゾルデータから、雲凝結核(CCN)と氷晶核(INP)の季節変動の特徴を報告した。CCN数濃度は冬季に高く、夏季に少ない傾向を示し、吸湿度は秋初めに高く、夏初めに低い傾向を示した。一方、INP数濃度やINAS数密度は、顕著な季節特性を示さなかった。他の先行研究による各パラメータの季節変動特性と比較し、その違いとなる要因を考察した。CCN数濃度が冬季に高くなる要因の一つとして、逆転層高度が比較的低下することが考えられる。INP数濃度と偏光型OPCを用いて判別されたダスト粒子との関連は顕著ではない結果となった。

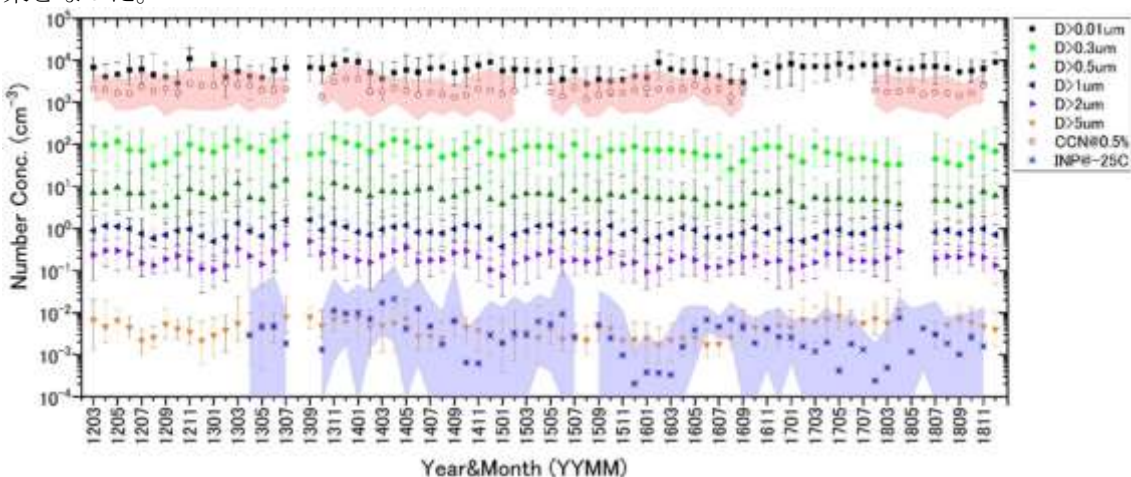


図1 0.01, 0.3, 0.5, 1, 2, and 5 μm 以上のエアロゾル粒子、水過飽和度 0.5% で活性化する CCN、 -25°C で活性化する INP の月平均数濃度。データ点は中位値、ただし、INP は算術平均値。エラーバーの両端は 10、90 パーセントイル。

(2) 氷晶核として働く大気エアロゾルの物質同定

基板上に捕集した大気エアロゾルの中から、顕微鏡観察下で氷晶核として働くエアロゾルを正確に判別できる独自の個別液滴凍結法 (Individual Droplet Freezing Method: IDFM) を開発した。これにより、実際に大陸から長距離輸送された黄砂を含むさまざまな粒子の中から、氷晶核として働く粒子を極めて精度よく見分けることに成功した。さらに、網羅的な個別粒子分析の結

果、その多くは比較的変質を受けていないケイ酸塩鉱物主体の黄砂粒子であることを示した。一方、著しい変質を受け液状化した一部のカルシウムに富む黄砂や、海塩と内部混合した粒子は、氷晶核としての働きが低下していることも明らかにした (Iwata and Matsuki, ACP, 2018)。

上述の黄砂飛来時という特殊な大気条件に限らず、平常時の日本海側地域の山間にはどのような氷晶核が存在しているのかを調べるため、先述の IDFM を用いて調査した研究では、興味深いことに、降雨時に限ってエアロゾル全体に占める氷晶核の割合が増えることがわかった。 -22°C よりも高温の領域で高い氷晶核能を示す粒子を個別に詳しく調べることで、それらが真菌の孢子、すなわちバイオエアロゾルであることの決定的な証拠を掴んだ (Iwata et al., Atmosphere, 2019)。

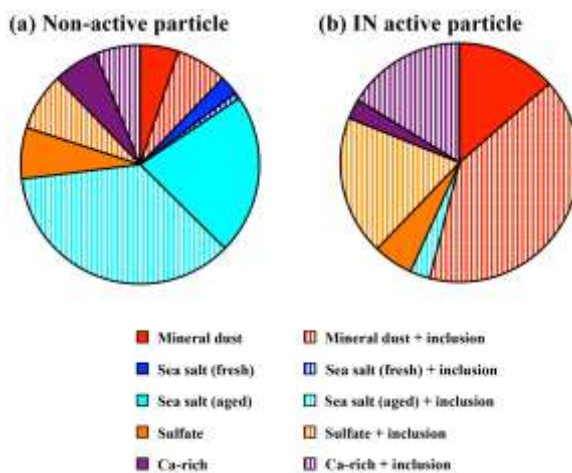


図 2 黄砂飛来時の大気エアロゾルで、氷晶核として活性な粒子グループと不活性な粒子グループを構成するエアロゾル種の相対頻度。

(3) 雲生成チェンバー実験

人為期限エアロゾルの代替粒子としての酸化アルミニウムおよび二種類の酸化鉄を用いた雲生成チェンバー等の実験解析から雲核能・凍結核能を定量化した。吸湿度 κ としては $0.01 \sim 0.03$ とダスト相当で、モニタリング観測からみた平均的な大気エアロゾルの値よりも小さい。一方、INP 能の指標としての INAS 密度は、酸化アルミが酸化鉄よりも高く、ダスト粒子程度であった。

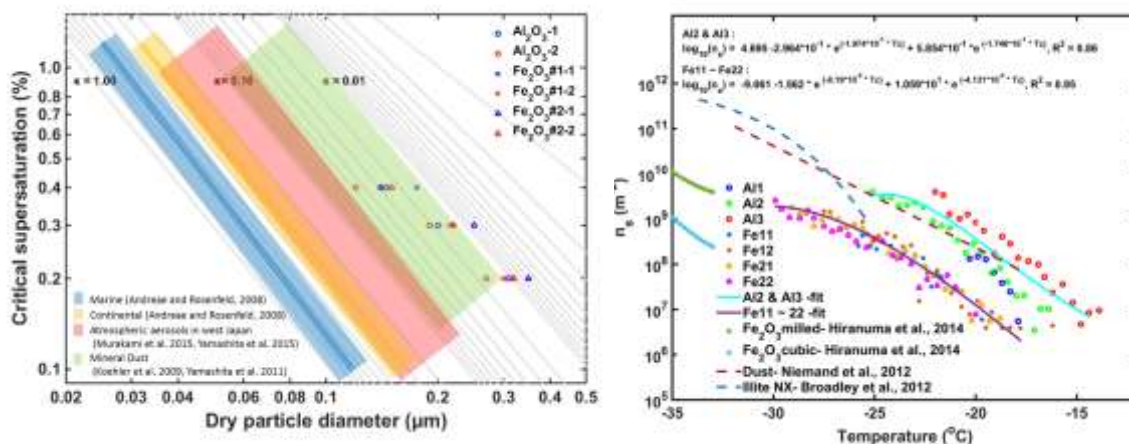


図 3 三種の金属酸化物の(左図) 吸湿度(κ)と(右図) INAS 密度 (INP 能) (Kuo et al. 2019)

植物起源のエアロゾルの氷晶核能を調べる目的で、三種類のセルロースを用いた 20 の INP 計測技術による相互比較実験が、17 の研究機関によって実施された。 $-4^{\circ}\text{C} \sim -36^{\circ}\text{C}$ の温度領域における INAS 等の比較から、装置ごとの不確定性はあるものの、総体的な傾向としてミクロンサイズの微結晶セルロースおよび 繊維状セルロースは、ナノ結晶セルロースよりも 1 桁高い INAS を持ち、より有効な INP であることが示された。この中で雲生成チェンバーは、粒子を乾燥させた状態から実験を開始するグループに分類され、微結晶セルロースを用いた実験結果は相対的に高め INAS 値を示した。(図省略)

つくば上空における大気エアロゾルの代表的 IN 能を定量化するため雲生成チェンバー実験を行った。黄砂事例の INAS は、illite や ATD などのダスト標準粒子に匹敵する程高く、ローカルダストの事例では、地上大気エアロゾルモニタリングによる INC 計測の中央値よりも上位にあり、 -30°C では温度依存性がやや大きかった。非ダスト日の事例は、概ね $-20^{\circ}\text{C} \sim -25^{\circ}\text{C}$ において INAS の増加傾向があり、事例によって INC 計測の中央値に近い温度依存性を示す場合、ローカルダストの事例に近い場合などがあつた。大気エアロゾル粒子の混合状態によって INAS の温度依存性に多様性があり、このため、月平均の観点からは変動幅の広がりや緩やかな温度依存性が示されるものと考えられる。(図省略)

(4) CReSS-4ICE-AEROSOL モデル開発

大気中および雲・降水粒子に取り込まれた各種エアロゾル（海塩・鉱物ダスト・硫酸塩・無機炭素・有機炭素など）を予報変数とするエアロゾル・雲・降水統一雲微物理パラメタリゼーションを開発し、名古屋大学雲解像モデル CReSS に実装した（CReSS-4ICE-AEROSOL）。

エアロゾル・雲・降水統一雲微物理パラメタリゼーションの詳細は以下の通りである。

- ・大気中および雲・降水中エアロゾルを最大 20 種まで予報変数
- ・エアロゾルは対数正規分布、混合比と数濃度が予報変数
- ・各エアロゾル種は CCN 能（吸湿度）と氷晶核能（INAS）で特徴付けられる
- ・エアロゾルの初期 3 次元分布

性能確認のため強い上昇流を伴う supercell タイプの積乱雲の理想化実験を行い、人為起源エアロゾル（硫酸塩・無機炭素・有機炭素）の多寡が雲の微物理構造に及ぼす影響を調べた。人為起源限エアロゾルを一桁増加させることによって、積乱雲に伴うアンビル内の氷晶の数濃度、および混合比が数倍増加することが示された。

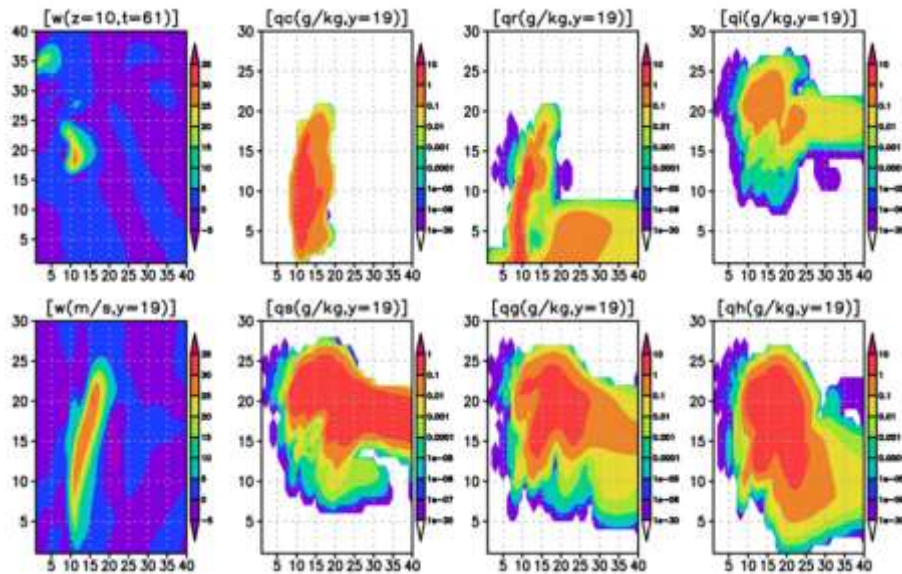


図 4 CTL 実験における計算開始後 1 時間目の W と各種雲・降水粒子の混合比。W の水平分布（左上）と鉛直分布（左下）以外は雲・降水粒子混合比 (kg/kg) の鉛直分布。

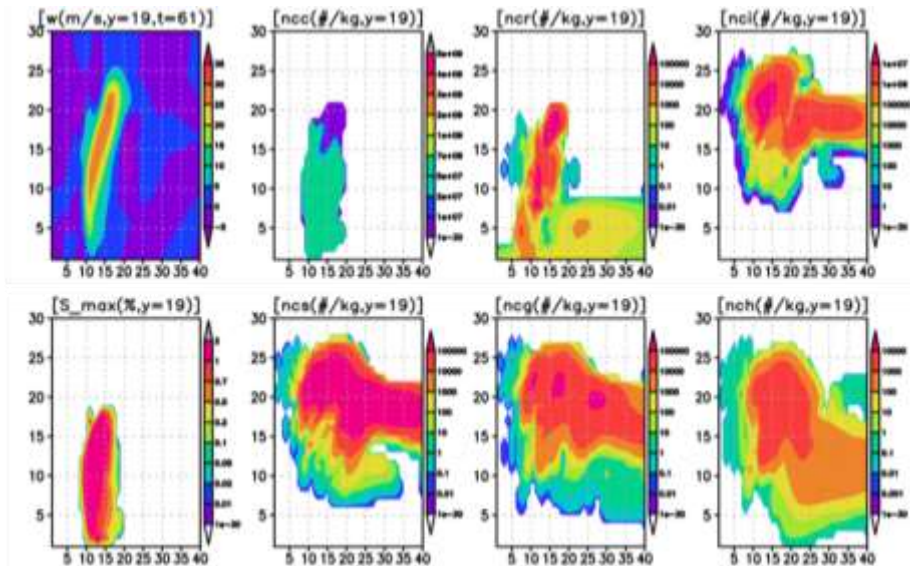


図 5 CTL 実験における計算開始後 1 時間目の W と各種雲・降水粒子の数濃度。W の鉛直分布（左上）と水過飽和度の鉛直分布（左下）以外は雲・降水粒子数濃度 (#/kg) の鉛直分布。

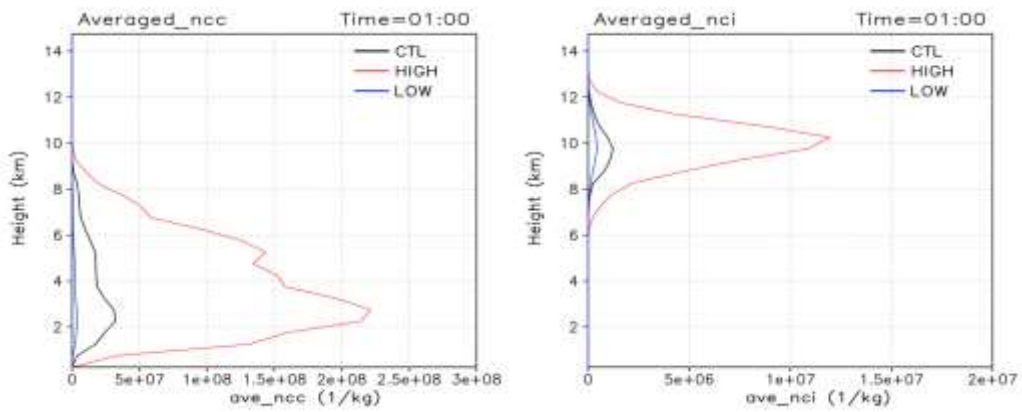


図6 人為起源エアロゾルの濃度（上表の赤枠で囲んだ値）を10倍（HIGH）と1/10（LOW）にした感度実験の結果。領域平均雲粒子数濃度（左）と雲氷数濃度（右）の高度分布。

全球エアロゾルモデル SPRINTARS からのエアロゾルの3次元情報を初期値・境界値として取り込み、UAE上空の大気エアロゾルが日周対流雲の生成及びそれからの降水形成過程に及ぼす影響を調べた。地表面付近のエアロゾルの数濃度 (/kg) 及び雲底付近の雲水数濃度 (/kg) と雲頂付近 (-10°C) の雲氷数濃度 (/kg) は既往研究で航空機観測から得られた結果と整合的であることが確認された。

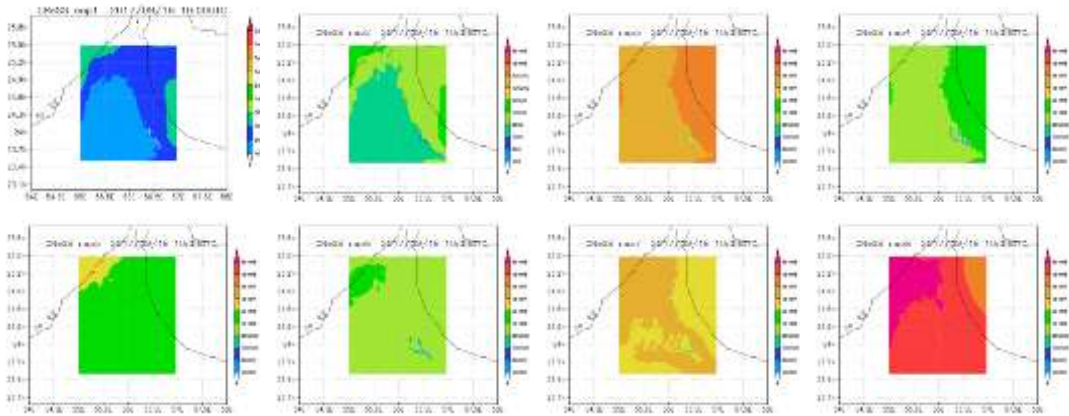


図7 大気下層のサブミクロンモード海塩粒子(nap1)、ミクロンモード海塩粒子(nap2)、サブミクロンモード鉍物粒子(nap3)、ミクロンモード鉍物粒子(nap4)、有機カーボン粒子(nap5)、無機カーボン粒子(nap6)、無機・有機混合カーボン粒子(nap7)、硫酸塩粒子(nap8)の数濃度 (/kg)。

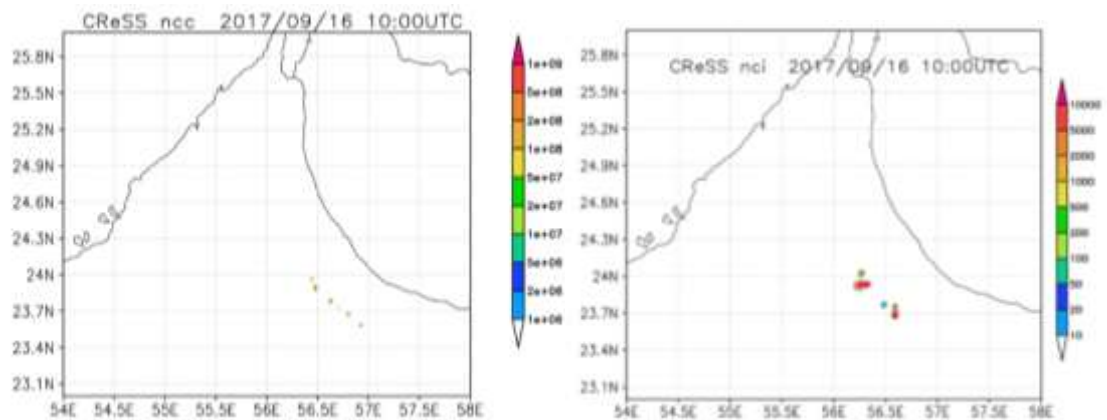


図8 (左) 雲底付近の雲水数濃度 (/kg) と (右) 雲頂 (-10°C 高度) 付近の雲氷数濃度 (/kg)。

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 3件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Iwata, A. and Matsuki, A	4. 巻 18
2. 論文標題 Characterization of individual ice residual particles by the single droplet freezing method: A case study in the Asian dust outflow region	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Atmos. Chem. Phys	6. 最初と最後の頁 1785-1804
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5194/acp-18-1785-2018	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 Maki, T., S. Furumoto, Y. Asahi, K. C. Lee, K. Watanabe, K. Aoki, M. Murakami, T. Tajiri, H. Hasegawa, A. Mashio, and Y. Iwasaka	4. 巻 18
2. 論文標題 Long-range-transported bioaerosols captured in snow cover on Mount Tateyama, Japan: impacts of Asian-dust events on airborne bacterial dynamics relating to ice-nucleation activities.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Atmos. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 8155 - 8171
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5194/acp-18-8155-2018	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 Gen, M., R. Kuniyama, A. Matsuki, and C. K. Chan,	4. 巻 on line
2. 論文標題 Electrospray surface-enhanced Raman spectroscopy (ES-SERS) for studying organic coatings of atmospheric aerosol particles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Aerosol Science and Technology	6. 最初と最後の頁 on line
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/02786826.2019.1597964	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 Kuo, T.-H., M. Murakami, T. Tajiri, and N. Orikasa	4. 巻 97
2. 論文標題 Cloud condensation nuclei and immersion freezing abilities of Al ₂ O ₃ and Fe ₂ O ₃ particles measured with the Meteorological Research Institute's cloud simulation chamber.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Meteor. Soc. Japan	6. 最初と最後の頁 597-614
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/jmsj.2019-032	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., M. Murakami, and other 50 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 Atmos. Chem. Phys.	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 Iwata, A., Imura, M., Hama, M., Maki, T., Tsuchiya, N., Kunihisa, R., and Matsuki, A	4. 巻 10
2. 論文標題 Release of highly active ice nucleating biological particles associated with rain	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmosphere	6. 最初と最後の頁 pp. 605
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/atmos10100605	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 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 Orikasa, N., M. Murakami, T. Tajiri, Y. Zaizen, and T. Shinoda	4. 巻 16
2. 論文標題 In Situ Measurements of Cloud and Aerosol Microphysical Properties in Summertime Convective Clouds over Eastern United Arab Emirates	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 185-191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2020-032	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 Orikasa, N., A. Saito, K. Yamashita, T. Tajiri, Y. Zaizen, T.-H. Kuo, W.-C. Kuo, and M. Murakami	4. 巻 16
2. 論文標題 Seasonal Variations of Atmospheric Aerosol Particles Focused on Cloud Condensation Nuclei and Ice Nucleating Particles from Ground-Based Observations in Tsukuba, Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 212-219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2020-036	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36件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Murakami, M.
2. 発表標題 Numerical simulation on realistic hygroscopic seeding from below cloud base using CReSS with simple hygroscopic seeding scheme
3. 学会等名 International Rain Enhancement Forum (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田所耕平, 岩田歩, 伊藤康平, 水上知行, 松木篤
2. 発表標題 長石の鉱物学的特性と氷晶核能との関連性
3. 学会等名 第25回大気化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田尻拓也, 折笠成宏, 財前祐二, 郭威鎮, 村上正隆
2. 発表標題 つくばで計測された大気エアロゾル粒子の氷晶核能
3. 学会等名 日本気象学会2020年度春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 折笠成宏, 村上正隆, 田尻拓也, 財前祐二, 篠田太郎
2. 発表標題 UAE上空におけるエアロゾル・雲の直接観測 (その3)
3. 学会等名 日本気象学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Murakami, M., N. Orikasa, T. Tajiri, A. Saito
2. 発表標題 Ice Nucleation and Weather Modification Researches in the Meteorological Research Institute
3. 学会等名 22nd AMS conference on planned and inadvertent weather modification (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 折笠成宏, 村上正隆, 田尻拓也, 財前祐二, 篠田太郎
2. 発表標題 In situ measurements of aerosol and cloud microphysical properties and cloud seeding experiments over the UAE: Part 2
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 Tajiri, T., N. Orikasa, T. H. Huo, W. C. Kuo, Y. Zaizen and M. Murakami
2. 発表標題 CCN and INP abilities of hybrid flare particles measured with MRI continuous flow diffusion chamber-type IN counter and MRI cloud simulation chamber
3. 学会等名 22nd AMS Conference on Planned and Inadvertent Weather Modification (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tajiri, T., N. Orikasa, Y. Zaizen, W. C. Kuo and M. Murakami
2. 発表標題 Internal structure and INP ability of AgI flare particles mixed with hygroscopic materials
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 Orikasa, N., M. Murakami, T. Tajiri, Y. Zaizen, and T. Shinod
2. 発表標題 In Situ Measurements of Aerosol and Cloud Microphysical Properties and Cloud Seeding Experiments over the UAE
3. 学会等名 22nd AMS Conference on Planned and Inadvertent Weather Modification (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Orikasa, N., A. Saito, K. Yamashita, T. Tajiri, Y. Zaizen, T.-H. Kuo, W.-C. Kuo, and M. Murakami
2. 発表標題 Seasonal variations of aerosols focused on IN and CCN abilities from ground-based observations at Tsukuba, Japan
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 井村まゆ・土屋望・國久亮太・岩田歩・松木篤
2. 発表標題 個別氷晶核粒子の特性評価
3. 学会等名 第12回大気バイオエアロゾルシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田尻拓也, 郭威鎮, 折笠成宏, 財前祐二, 村上正隆
2. 発表標題 内部混合したサブミクロン粒子の吸湿度と雲粒生成
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 田尻拓也, 郭威鎮, 折笠成宏, 財前祐二, 村上正隆
2. 発表標題 内部混合粒子の吸湿度と氷晶形成に関する研究(その2)
3. 学会等名 第36回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kuo, W-C., M. Murakami, T. Tajiri, and N. Orikasa
2. 発表標題 Using Parcel Model to Simulate the Particle Distribution of Hygroscopic Flares in CCNC
3. 学会等名 日本気象学会2019年度春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村上正隆・辻野智紀・吉住蓉子・橋本明弘・加藤雅也
2. 発表標題 ダブルモーメント雲微物理パラメタリゼーションにおけるCCN活性化スキーム
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 折笠成宏, 村上正隆, 田尻拓也, 財前祐二, 篠田太郎
2. 発表標題 UAE上空におけるエアロゾル・雲の直接観測(その1)
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 折笠成宏, 村上正隆, 田尻拓也, 財前祐二, 篠田太郎
2. 発表標題 UAE上空におけるエアロゾル・雲の直接観測及びシーディング実験
3. 学会等名 JpGU Meeting 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田尻拓也, 郭威鎮, 折笠成宏, 財前祐二, 村上正隆
2. 発表標題 内部混合したサブミクロン粒子の吸湿度
3. 学会等名 日本気象学会2019年度春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 折笠成宏, 斎藤篤思, 山下克也, 田尻拓也, 財前祐二, Tzu-Hsien Kuo, Wei-Chen Kuo, 村上正隆
2. 発表標題 つくば地上モニタリング観測による実大気エアロゾルの雲核能・氷晶核能の変動(その2)
3. 学会等名 日本気象学会2019年度春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Murakami, M., N. Orikasa, A. Saito, K. Yamashita, and T. Tajiri
2. 発表標題 Seasonal and geographical variations in CCN ability of atmospheric aerosols and cloud droplet concentrations in Japan based on in situ aircraft measurements
3. 学会等名 15th AMS Conference on Cloud Physics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kuo, T.-H., M. Murakami, T. Tajiri, and N. Orikasa
2. 発表標題 CCN and IN Abilities of Metal Oxide Particles Measured with MRI Cloud Simulation Chamber and MRI Continuous Flow Diffusion Chamber-type IN Counter.
3. 学会等名 15th AMS Conference on Cloud Physics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Orikasa, N., A. Saito, K. Yamashita, T. Tajiri, Y. Zaizen, T.-H. Kuo, and M. Murakami,
2. 発表標題 Characteristics of aerosols, CCN and IN abilities from ground-based observations at Tsukuba, Japan
3. 学会等名 15th AMS Conference on Cloud Physics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tajiri, T., M. Murakami and K. Yamashita,
2. 発表標題 Improvement of quantitative analysis for immersion freezing nucleation experiments with MRI cloud simulation chamber
3. 学会等名 15th AMS Conference on Cloud Physics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松木篤・木ノ内健人・表野宏之・古家正規・鶴丸央・岩本洋子
2. 発表標題 能登半島で観測された大気エアロゾルの吸湿性に基づく粒径別化学組成
3. 学会等名 第35 回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩田歩・Wong Shu-Kuan・岩本洋子・古家正規・濱崎恒二・松木篤
2. 発表標題 石川県九十九湾における海表面マイクロ層起源エアロゾル粒子による氷晶形成
3. 学会等名 JpGU Meeting 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 折笠成宏, 斎藤篤思, 山下克也, 田尻拓也, 財前祐二, Tzu-Hsien Kuo, 村上正隆
2. 発表標題 つくば地上モニタリング観測による実大気エアロゾルの雲核能・氷晶核能の変動
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 折笠成宏, 斎藤篤思, 山下克也, 田尻拓也, 財前祐二, Tzu-Hsien Kuo, Wei-Chen Kuo, 村上正隆,
2. 発表標題 つくば地上モニタリング観測による実大気エアロゾルの雲核能・氷晶核能の変動
3. 学会等名 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 Murakami, M., N. Orikasa, A. Saito, K. Yamashita
2. 発表標題 Closure between CCN and Cloud Droplet Concentrations for Warm Clouds over Japan Based on In-situ Aircraft Measurements
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Murakami, M
2. 発表標題 In-situ Aircraft Measurements on CCN and Its Effect on Microphysical Structures of Shallow Warm Clouds over Western Japan
3. 学会等名 International Symposium on Remote Sensing (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 村上正隆・篠田太郎・松見豊・折笠成宏・田尻拓也・橋本明弘・財前祐二・河合英明・大島長・荒木健太郎・松木篤・牧輝弥・竹村俊彦
2. 発表標題 大気エアロゾルが雲・降水過程に及ぼす影響解明に関する研究 - 研究計画概要 -
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 折笠成宏・斎藤篤思・田尻拓也・Tzu-Hsien Kuo・財前祐二・村上正隆
2. 発表標題 エアロゾル濃縮器を利用した氷晶核のモニタリング観測 (その2)
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 KUO, T.-H., M. MURAKAMI, T. TAJIRI, N. ORIKASA, and K. YAMASHITA
2. 発表標題 Investigation on CCN and IN abilities of Al2O3 and Fe2O3 using cloud simulation chamber and parcel model
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 田尻拓也, Tzu-Hsien Kuo, 折笠成宏, 財前祐二, 村上正隆
2. 発表標題 偏光機能を付加したエアロゾル・雲粒子センサーによる氷晶計測
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 田尻拓也, 郭子仙, 折笠成宏, 財前祐二, 村上正隆
2. 発表標題 雲粒生成における吸湿性エアロゾルの外部混合に関する研究
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 折笠成宏, 斎藤篤思, 山下克也, 田尻拓也, 財前祐二, Tzu-Hsien Kuo, 村上正隆
2. 発表標題 つくばでの地上モニタリング観測によるエアロゾル・雲核・氷晶核数濃度の変動
3. 学会等名 日本気象学会2017年度春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 KUO, T.-H., M. MURAKAMI, T. TAJIRI, and N. ORIKASA
2. 発表標題 Study of CCN and IN abilities of Al2O3 and Fe2O3 using MRI dynamic cloud chamber and MRI IN counter
3. 学会等名 日本気象学会2017年度春季大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	篠田 太郎 (Shinoda Taro) (50335022)	名古屋大学・宇宙地球環境研究所・准教授 (13901)	
研究分担者	松見 豊 (Masumi Yutaka) (30209605)	名古屋大学・宇宙地球環境研究所・研究員 (13901)	
研究分担者	折笠 成宏 (Orikasa Narihiro) (50354486)	気象庁気象研究所・気象予報研究部・主任研究官 (82109)	
研究分担者	田尻 拓也 (Tajiri Takuya) (40414510)	気象庁気象研究所・気象予報研究部・主任研究官 (82109)	
研究分担者	橋本 明弘 (Hashimoto akihiro) (20462525)	気象庁気象研究所・気象予報研究部・主任研究官 (82109)	

6. 研究組織（つづき）

	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	松木 篤 (Matsuki Atsushi) (90505728)	金沢大学・環日本海域環境研究センター・准教授 (13301)	

	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
連携研究者	竹村 俊彦 (Takemura Toshihiko) (90343326)	九州大学・応用力学研究所・教授 (17102)	
連携研究者	牧 輝弥 (Maki Teruya) (70345601)	金沢大学・物質化学系・准教授 (13301)	
連携研究者	財前 祐二 (Zaizen Yuji) (70354496)	気象庁気象研究所・予報研究部・室長 (82109)	
連携研究者	川合 秀明 (Kawai Hideaki) (40601688)	気象庁気象研究所・気候研究部・主任研究官 (82109)	
連携研究者	大島 長 (Oshima Naga) (50590064)	気象庁気象研究所・環境・応用気象研究部・主任研究官 (82109)	
連携研究者	荒木 健太郎 (Araki Kentaro) (40636031)	気象庁気象研究所・予報研究部・研究官 (82109)	

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
---------	---------