

令和 4 年 6 月 19 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04253

研究課題名(和文) 大気有機エアロゾルの吸湿性に対する定量的理解の深化 化学構造・起源との関係

研究課題名(英文) Deepening the quantitative understanding of the hygroscopicity of atmospheric organic aerosol: Its relationship to chemical structures and sources

研究代表者

持田 陸宏 (Mochida, Michihiro)

名古屋大学・宇宙地球環境研究所・教授

研究者番号：10333642

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、大気エアロゾル試料に含まれる有機成分の吸湿性と化学構造、発生源との関係について調べた。都市エアロゾルに対しては、エアロゾル試料の抽出物の質量分析により、発生源・化学構造と関係付けられる有機物の寄与について知見を得た。また、フミン様物質の吸湿性と、その酸素/炭素比や、発生源との関係を得た。森林エアロゾルに対しては、質量分析に基づき有機画分の大気濃度を求めた。都市フミン様物質/硫酸アンモニウムの混合物粒子等の吸湿成長測定に基づき、吸湿性の加成性の評価に繋がる結果も得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、大気エアロゾル試料に含まれる有機物(有機エアロゾル)の吸湿性と化学構造・発生源の関係について、有機エアロゾルに含まれる化合物群に着目して知見を得た。得られた成果は、大気中の雲凝結核に含まれる有機物の役割の理解に貢献するものであり、有機エアロゾルの気候影響の正確な把握に寄与するものと言える。複雑な組成を持つ有機物の特徴を化合物群ごとに整理する取り組みであり、このような分析的アプローチの有用性を示す成果とも言える。

研究成果の概要(英文)：In this study, the relationships of the hygroscopicity of organic components in atmospheric aerosol samples with the chemical structures and sources were investigated. For urban aerosols, the mass spectral analysis of the extracts from aerosol samples showed the contributions of organics associated with their sources and chemical structure. Further, the relationships of the hygroscopicity of humic-like substances with the oxygen-to-carbon ratios and sources were obtained. For forest aerosols, the atmospheric concentrations of organic fractions were determined based on mass spectral analysis. Based on the hygroscopic growth measurements for particles such as those composed of the mixtures of humic-like substances and ammonium sulfate, results for the assessment of the additivity of hygroscopicity were also obtained.

研究分野：大気化学

キーワード：有機エアロゾル 化学構造 吸湿性 起源

1. 研究開始当初の背景

人為起源の地球放射収支の変化を推定する上において、大気中に浮遊する微粒子(エアロゾル)の寄与は大きな不確かさを有している。有機物は大气エアロゾルの主要成分のひとつであり、エアロゾルの放射影響を正確に評価するためには、有機エアロゾルの存在量の規定要因に加え、雲凝結核としての働きを支配する、その吸湿性について知見を得ることが求められる。しかし、有機エアロゾルは放出・生成過程によって異なる化学構造を持ち、いつ、どこで、どのような吸湿性を持つのかについて、説明するための知見は限られている。数千種類以上の化合物からなると考えられる有機エアロゾルの場合、個々の化合物の存在量と吸湿性の知見を積み上げるアプローチは通用せず、有機エアロゾルに対して、その吸湿性と、化学構造やそれを規定する起源との関係を把握する有効なアプローチの発見と適用が強く求められる状況にある。この問題に関する取り組みとして、有機エアロゾルの酸素/炭素比や、質量スペクトルの統計的解析で得られる有機物タイプと有機物の吸湿性の関係を解析するものがあるが、こうした取り組みは途上期にある。

このような背景のもと、研究代表者のグループは、大气エアロゾル試料を溶媒抽出と固相抽出の手法によって分画した上、質量分析・赤外分光分析によって有機画分の質量濃度と化学構造の特徴を把握する手法を確立した(Chan et al., 2016)。本研究は、この手法を有機エアロゾルの吸湿性の解析に応用することで、有機エアロゾルの吸湿性・化学構造・起源の3つの関係を明確にする展望のもとに計画された。

2. 研究の目的

気候変動の理解と予測に向けた喫緊の課題である、大气エアロゾルの放射影響評価では、主要エアロゾル成分である有機物の吸湿性の情報が必要となる。しかし、その吸湿性の多様性を十分に説明できる知見は得られていない。本研究では、大气エアロゾル試料を分画して吸湿性と化学構造(化学官能基やその代替指標)を解析し、有機物の吸湿性と化学構造、そして化学構造を規定する起源との関係を明らかにすることを目的とした。より具体的には、各有機画分と有機エアロゾル全体の吸湿性の特徴を得ること、吸湿性を化学構造の指標を用いて表す方法を提示すること、有機エアロゾルの吸湿性を起源ごとに推定し、その知見の気候科学的な重要性を評価すること、の3つである。そして、これらの取り組みにより、有機エアロゾルの吸湿性の定量的理解を深化させることを目標として掲げた。

3. 研究の方法

本研究で解析対象とした大气有機エアロゾルに含まれる有機物の画分は、主に以下の手法で得られたものである。まず、フィルタ上に採取された大气エアロゾルの試料に対して、水を用いた超音波抽出によって水溶性成分を抽出した。それに続いて、メタノール、メタノール/ジクロロメタンの混合溶媒を用いた超音波抽出を行い、エアロゾル試料に含まれる非水溶性成分の抽出を行った。これらの手法により、水溶性有機物、非水溶性有機物を含む抽出液が得られた。さらに、水溶性の抽出物に対して固相抽出法を適用し、固相抽出カラムに保持されない高極性有機物と、カラムに保持されたのちに抽出されるフミン様物質の抽出液をそれぞれ得た。試料には、都市および森林において採取されたものを用いた。

大气エアロゾル試料から得られた有機エアロゾル画分の化学構造の特徴や吸湿性の情報は、以下の手法で得られたものである。上述の抽出液(フミン様物質などの画分)を噴霧してエアロゾルを発生させ、それを高分解能飛行時間型エアロゾル質量分析計(HR-ToF-AMS)に導入してエアロゾル抽出物の質量スペクトルを測定した。得られた有機物のスペクトルに対して、分析時に発生するイオンの組成に基づきグループ分けするイオングループ解析や、有機物の元素組成を求める方法を適用し、有機エアロゾル画分の化学構造の特徴を調べた。また、有機エアロゾル画分の定量にも質量分析法を用いた。この定量は、抽出した有機画分の質量スペクトルのほか、抽出物に標準物質としてフタル酸を加えた試料の質量スペクトルも取得し、これらの混合試料に含まれる有機画分とフタル酸の存在量の関係を解析することで行った。都市大气エアロゾルに対しては、拡散反射型のフーリエ変換赤外分光装置を用いて、臭化カリウム粉末に混合したエアロゾル抽出物の赤外吸収スペクトルを取得し、化学官能基に関する解析も行った。

都市大气エアロゾルに含まれるフミン様物質に対しては、吸湿性の解析も行った。この解析に用いる吸湿成長度のデータは、吸湿タンデム電気移動度分析器(HTDMA)を用いて取得されたものである。この測定では、乾燥したエアロゾル試料をHTDMA中にある2台の電気移動度分析器(DMA)

のうち1台に導入し、分級により特定の乾燥粒径（ただし幅を持つ）を持つエアロゾルを得る。そして、それを加湿されたもう1台のDMAと凝縮粒子カウンタからなる装置部分に導入し、吸湿成長を測定する。この手法により、エアロゾルの吸湿成長度（乾燥状態における粒径に対する加湿時の粒径の比）を得ることができ、そこからさらに吸湿性パラメータを求めることができる。本手法を、大気エアロゾルから抽出したフミン様物質からなる粒子や、フミン様物質と硫酸アンモニウムが混合した粒子等に適用した。

4. 研究成果

(1) 都市大気エアロゾルに含まれる有機物の発生源

都市大気エアロゾルの抽出物に含まれる有機物に由来する質量スペクトルに対して、positive matrix factorization (PMF) による解析を行い、バイオマス燃焼起源、調理起源、化石燃料起源と考えられる有機エアロゾルと、含酸素度の異なる2種類の有機エアロゾルの合わせて5種類の有機エアロゾルに対応すると考えられる因子を得た。また、これらのPMF因子とFTIR測定から得られた化学官能基の分析値の間の関連付けを行った。

(2) 都市大気エアロゾル中のフミン様物質の吸湿性

都市で採取された大気エアロゾル試料に含まれるフミン様物質に対して、水蒸気未飽和の条件下における吸湿性パラメータの値を導出した。また、フミン様物質の酸素/炭素比、また、フミン様物質の質量スペクトルに対するPMF解析で得られる因子と吸湿性パラメータの関係を得た。後者のPMF因子は、有機エアロゾルの発生源と関係していると考えられ、フミン様物質の吸湿性と起源を関係付ける知見が得られた。

(3) 森林エアロゾル中の有機画分の大気濃度

森林で採取された大気エアロゾルから得られた水溶性・非水溶性有機物、そして水溶性有機物から得られた高極性有機物およびフミン様物質に対する質量分析に基づき、これらの有機画分の大気濃度を求めた。生物起源揮発性有機化合物として知られる α -ピネンやイソプレンからの生成物である有機トレーサとフミン様物質の間に正の相関がみられ、生物起源二次有機エアロゾルがフミン様物質に寄与している可能性が示された。

(4) エアロゾル成分の吸湿性の加成性に関する検討

大気エアロゾルの吸湿性に対する有機物の寄与を説明する際に、無機塩と有機物の寄与に加成性が成り立つと仮定する考え方がある。その妥当性の検討のため、都市エアロゾル試料の抽出で得たフミン様物質の定量を質量分析により行った上、フミン様物質と硫酸アンモニウムが異なる割合で混合している粒子の吸湿成長度を、複数の異なる吸湿成長の条件下において取得した。また、フミン様物質の粒子や硫酸アンモニウム粒子に対しても、それぞれの吸湿成長度を測定した。そして、粒子に含まれるフミン様物質の割合と吸湿性パラメータの関係を得た。

以上のように本研究では、大気エアロゾル試料に含まれる有機物（有機エアロゾル）の吸湿性と化学構造の特徴・発生源の関係について、有機エアロゾルに含まれる化合物群に着目して新たな知見を得た（Zhou et al., 2021）。大気エアロゾルに含まれるフミン様物質などの有機画分に対して、PMF解析や有機トレーサとの相関関係に基づいて起源に関する知見を得たほか、都市のフミン様物質に対してその吸湿性パラメータの値を導出し、化学構造と吸湿性の関係や、フミン様物質の発生源と結びついていると考えられるPMF因子と吸湿性の関係について知見を得た。得られた成果は、大気中の雲凝結核に対する有機物の寄与の理解に貢献するものであり、有機エアロゾルの気候影響の正確な把握に寄与するものと言える。本研究は、複雑な組成を持つ有機物の吸湿性等の特徴を化合物群ごとに整理する取り組みであり、このような分析的アプローチの有用性を示す成果とも言える。

なお、本研究は、大気エアロゾル中の有機物から化学構造が異なる有機画分を能動的に取得した上で化学構造・吸湿性を測定することで、両者の明確な関係を得ることを狙う面があったが、フミン様物質のほかに水溶性を持つ高極性有機画分に対する吸湿性の直接的な決定はなされなかった。しかし、フミン様物質に対して得られた酸素/炭素比やPMF因子と吸湿性の関係を高吸湿性の有機物画分を含めて適用した場合、先行研究における吸湿性パラメータ値と整合的な値が得られており、酸素/炭素比や起源と関係するPMF因子の情報に基づき、有機エアロゾルの吸湿性の信頼性のある推定が可能であることが示唆された。大気モデルにおける有機エアロゾルの吸湿性の取り扱いの改良とそれに基づく評価は、有機エアロゾルの正確な吸湿性情報の有用性を評価する上で重要であるが、これについては課題として残されており、今後、検討を進めたい。

謝辞：本研究の成果には、Ruichen Zhou 氏、Sonia Afsana 氏、Qingcai Chen 氏、Jing Chen 氏、Lujie Ren 氏、Yange Deng 氏、Petr Vodicka 氏、Dhananjay K. Deshmukh 氏、河村公隆氏、Pingqing Fu 氏、立花英里氏による貢献によるものが含まれ、ここに謝意を表します。また、日浦勉氏、小川修平氏、名古屋大学化学測定機器室と尾山公一氏、Satoshi Takahama 氏、Lynn M. Russell 氏、池森文数氏、肥後隼人氏の寄与に謝意を表します。

< 引用文献 >

Chen, Q., Ikemori, F., Higo, H., Asakawa, D., and Mochida M.: Chemical structural characteristics of HULIS and other fractionated organic matter in urban aerosols: results from mass spectral and FT-IR analysis, *Environ. Sci. Technol.*, 50, 1721-1730, 2016.

Zhou, R., Chen, Q., Chen, J., Ren, L., Deng, Y., Vodička, P., Deshmukh, D.K., Kawamura, K., Fu, P., and Mochida, M.: Distinctive sources govern organic aerosol fractions with different degrees of oxygenation in the urban atmosphere, *Environ. Sci. Technol.*, 55, 4494-4503, 2021.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 4件／うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Lamb K. D., Matsui H., Katich J. M., Perring A. E., Spackman J. R., Weinzierl B., Dollner M., Schwarz J. P.	4. 巻 4
2. 論文標題 Global-scale constraints on light-absorbing anthropogenic iron oxide aerosols	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 npj Climate and Atmospheric Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41612-021-00171-0	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 Liu Mingxu, Matsui Hitoshi	4. 巻 126
2. 論文標題 Improved Simulations of Global Black Carbon Distributions by Modifying Wet Scavenging Processes in Convective and Mixed Phase Clouds	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2020JD033890	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 Joseph, Kajino Mizuo, Matsui Hitoshi	4. 巻 3
2. 論文標題 Resolving aerosol mixing state increases accuracy of black carbon respiratory deposition estimates	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 One Earth	6. 最初と最後の頁 763 ~ 776
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.oneear.2020.11.004	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 Matsui Hitoshi	4. 巻 125
2. 論文標題 Black Carbon Absorption Efficiency Under Preindustrial and Present Day Conditions Simulated by a Size and Mixing State Resolved Global Aerosol Model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2019JD032316	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 Matsui Hitoshi, Moteki Nobuhiro	4. 巻 47
2. 論文標題 High Sensitivity of Arctic Black Carbon Radiative Effects to Subgrid Vertical Velocity in Aerosol Activation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020GL088978	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 Xu, Y., Y. Miyazaki, E. Tachibana, K. Sato, S. Ramasamy, T. Mochizuki, Y. Sadanaga, Y. Nakashima, Y. Sakamoto, K. Matsuda, and Y. Kajii	4. 巻 54
2. 論文標題 Aerosol liquid water promotes the formation of water-soluble organic nitrogen in submicrometer aerosols in a suburban forest	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental Science & Technology	6. 最初と最後の頁 1406-1414
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.9b05849	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 Ruichen Zhou, Qingcai Chen, Jing Chen, Lujie Ren, Yange Deng, Petr Vodicka, Dhananjay K. Deshmukh, Kimitaka Kawamura, Pingqing Fu, and Michihiro Mochida	4. 巻 55
2. 論文標題 Distinctive Sources Govern Organic Aerosol Fractions with Different Degrees of Oxygenation in the Urban Atmosphere	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Science & Technology	6. 最初と最後の頁 4494-4503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.0c08604	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 Liu, M. and Matsui, H.	4. 巻 21
2. 論文標題 Aerosol radiative forcings induced by substantial changes in anthropogenic emissions in China from 2008 to 2016	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 5965-5982
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-21-5965-2021	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 Matsui, H. and Liu, M.	4. 巻 34
2. 論文標題 Importance of Supersaturation in Arctic Black Carbon Simulations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Climate	6. 最初と最後の頁 7843-7856
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JCLI-D-20-0994.1	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 -

1. 著者名 Kawai, K., Matsui, H., and 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 Su, W., Liang, L., Myhre, G., Thorsen, T. J., Loeb, N. G., Schuster, G. L., Ginoux, P., Paulot, F., Neubauer, D., Checa-Garcia, R., Matsui, H., Tsigaridis, K., Skeie, R. B., Takemura, T., Bauer, S. E., and Schulz, M.	4. 巻 13
2. 論文標題 Understanding Top of Atmosphere Flux Bias in the AeroCom Phase III Models: A Clear Sky Perspective	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Advances in Modeling Earth Systems	6. 最初と最後の頁 e2021MS002584
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021MS002584	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., Kimura, R., and Shinoda, M.	4. 巻 17
2. 論文標題 High Sensitivity of Asian Dust Emission, Transport, and Climate Impacts to Threshold Friction Velocity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Online Letters on the Atmosphere	6. 最初と最後の頁 239-245
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2021-042	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

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Zhou, R.C., Chen, Q.C., Chen, J., Fu, P.Q., Deng, Y.G., Vodicka, P., Deshmukh, D.K., Kawamura, K., Mochida, M.
2. 発表標題 Sources and characteristics of HULIS and other organic aerosol components in Beijing: Results from offline-AMS and FT-IR analyses
3. 学会等名 Goldschmidt Virtual 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 魏 辰然、Afsana Sonia、陳 慶彩、Deshmukh Dhananjay、河村 公隆、持田 陸宏
2. 発表標題 Comparison of compositional characteristics of aerosol and rainwater samples collected in Nagoya
3. 学会等名 JpGU - AGU Joint Meeting 2020:Virtual (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮崎雄三
2. 発表標題 森林大気における生物起源有機エアロゾルのフィールド観測研究
3. 学会等名 第61回大気環境学会 特別集会「HOxラジカルが駆動する酸化反応により揮発性炭化水素から生成されるエアロゾル」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮崎雄三
2. 発表標題 海洋大気有機エアロゾルと海洋表層水の生物地球化学的リンケージ
3. 学会等名 日本地球化学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ruichen Zhou, Pinqing Fu, Qingcai Chen, Yange Deng, and Michihiro Mochida
2. 発表標題 Characterization of fractionated organic aerosol components using FT-IR: Results from one-year sampling of Beijing aerosol (表題の修正有)
3. 学会等名 第24回大気化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Afsana Sonia, Yuzo Miyazaki, Eri Tachibana, Dhananjay Kumar Deshmukh, Kimitaka Kawamura, and Michihiro Mochida
2. 発表標題 Characterization of organic aerosol in a cold-temperate forest area of Japan
3. 学会等名 第24回大気化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yange Deng, Hiroaki Fujinari, Hikari Yai, Kojiro Shimada, Shiori Tatsuta, Shiro Hatakeyama, Yutaka Kondo, Akinori Takami, Yuzo Miyazaki, Eri Tachibana, Mingfu Cai, Hanbing Xu, Fei Li, Haobo Tan, Tomoki Nakayama, Petr Vodicka, Dhananjay K. Deshmukh, Kimitaka Kawamura, and Michihiro Mochida
2. 発表標題 Hygroscopic properties of water-soluble matter in atmospheric submicrometer aerosol collected in Okinawa
3. 学会等名 第24回大気化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sonia Afsana, Yuzo Miyazaki, Eri Tachibana, Dhananjay Kumar Deshmukh, Kimitaka Kawamura, and Michihiro Mochidahmukh, Kimitaka Kawamura, and Michihiro Mochida
2. 発表標題 Fluorescence property of solvent extractable organic aerosol in a cold-temperate forest area of Japan
3. 学会等名 EGU General Assembly 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ruichen Zhou, Yange Deng, Bhagawati Kunwar, Qingcai Chen, Jing Chen, Lujie Ren, Petr Vodicka, Dhananjay Deshmukh, Pingqing Fu, Kimitaka Kawamura, and Michihiro Mochida
2. 発表標題 Hygroscopicity of HULIS in urban aerosol and its relationship with sources
3. 学会等名 EGU General Assembly 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sonia Afsana, Ruichen Zhou, Yuzo Miyazaki, Eri Tachibana, Dhananjay Kumar Deshmukh, Kimitaka Kawamura, and Michihiro Mochida
2. 発表標題 Chemical characteristics of humic-like substance (HULIS) organic aerosol in a cool-temperate forest area of Japan
3. 学会等名 IGAC 2021 Virtual Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河合慶、松井仁志、當房豊
2. 発表標題 混合相雲における氷晶核の全球数値シミュレーション：アジアダストの重要性
3. 学会等名 日本気象学会2021年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河合慶、松井仁志、當房豊
2. 発表標題 全球モデルを用いたアジアダストの混合相雲における氷晶核としての重要性の評価
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Liu, M. and Matsui, H.
2. 発表標題 Improved simulations of global black carbon distributions by modifying wet scavenging processes in convective and mixed-phase clouds
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河合慶、松井仁志、當房豊
2. 発表標題 アジアダストの氷晶核に関する全球数値シミュレーション
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 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

関連する報告：佐藤陽祐，當房豊，山下克也，荒木健太郎，岩崎杉紀，三隅良平，大竹秀明，茂木信宏，齋藤泉，川合秀明，中島孝，中野諭，森樹大，橋本明弘，郭威鎮，勝山祐太，瀬戸里枝，古藤慎之，山田怜史，折笠成宏，田尻拓也，遠藤幸生，近藤誠，大畑祥，松嶋俊樹：2019年度「エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究会」報告，天気，67，665-671，2020.

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	松井 仁志 (Matsui Hitoshi) (50549508)	名古屋大学・環境学研究科・准教授 (13901)	

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	宮崎 雄三 (Miyazaki Yuzo) (60376655)	北海道大学・低温科学研究所・助教 (10101)	
研究分担者	大畑 祥 (Ohata Sho) (70796250)	名古屋大学・高等研究院(宇宙)・助教 (13901)	

	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
研究協力者	陳 慶彩 (Chen Qingcai)	陝西科学技術大学	

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		
	中国	天津大学	陝西科学技術大学