

令和 3 年 6 月 1 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H04709

研究課題名(和文) 光吸収性エアロゾルの混合状態を解像した全球エアロゾルモデルの開発と気候影響評価

研究課題名(英文) Development of a global aerosol model resolving mixing states of absorbing aerosols and evaluation of aerosol impacts on climate

研究代表者

松井 仁志 (Matsui, Hitoshi)

名古屋大学・環境学研究科・准教授

研究者番号：50549508

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 22,600,000円

研究成果の概要(和文)：エアロゾルの粒径とブラックカーボン(スス粒子; BC)の混合状態を2次元ビン法で表現するエアロゾルモデル(ATRAS)を開発し、全球気候モデルCAMに導入した。この全球気候-エアロゾルモデル(CAM-ATRAS)を用い、BCや黒色酸化鉄などの光吸収性エアロゾルについて、産業革命前から現在にかけての放射強制力を推定した。また、BCの空間分布や光吸収量、放射効果に対する混合状態の重要性を定量的に示すとともに、それらの推定において不確定要因となるプロセスやパラメータなどを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したCAM-ATRASは、エアロゾルの粒径とBCの混合状態を詳細に表現できる全球エアロゾルモデルである。また、粒径・混合状態の変化とそれに伴う光吸収量・吸湿性の増大を理論に基づいて計算することで、光吸収性エアロゾルとその混合状態・光吸収量の推定精度を大幅に向上させた。また、本研究で用いる全球気候モデルCAMは、地球システムモデルCESMを構成するモデルの1つであり、将来的にエアロゾルの海洋・陸域・雪氷との多圏相互作用に関する研究へと発展させていくことが可能である。このような点から、本研究の新たな方法論とそれによって得られた知見は、エアロゾル研究とその発展に大きく貢献するものである。

研究成果の概要(英文)：A two-dimensional sectional aerosol model, ATRAS, was developed to represent the particle size and mixing state of black carbon (soot particles; BC) aerosols, and was implemented into a global climate model CAM. Using this global climate-aerosol model, CAM-ATRAS, the radiative forcing of BC and anthropogenic iron oxide from pre-industrial to present-day conditions was estimated. The importance of the mixing state on the spatial distribution, light absorption, and radiative effects of light-absorbing aerosols was estimated quantitatively, and the processes and parameters that cause uncertainties in these estimates were clarified.

研究分野：大気化学、大気環境科学

キーワード：気候変動 大気環境 大気化学 エアロゾル 光吸収性エアロゾル 全球気候モデル 混合状態

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

大気中に浮遊する微粒子(エアロゾル)は、太陽放射の吸収・散乱(直接効果)や雲微物理・降水過程の変化(間接効果)を通して、地球の放射収支や気候変動に対して重要な役割を果たしている。しかし、その推定の不確定性幅は非常に大きく、気候変動予測における最大の不確定要因の1つとなっている。直接・間接効果の推定では、エアロゾルの光学特性(光吸収・散乱量)や吸湿特性(雲粒へのなりやすさの指標)の精度の良い計算が必要になる。そして、そのためには、エアロゾルの粒径分布と個々の粒子に含まれる光吸収性成分の含有量(光吸収性エアロゾルの混合状態)の推定精度が鍵を握る。

このようなエアロゾルの「粒径・混合状態」の重要性があるにもかかわらず、IPCCを含む従来の気候影響評価では、エアロゾルの質量濃度という最低限の情報しか計算できない全球エアロゾルモデルが用いられてきた。また、エアロゾルの粒径・混合状態は、大気中の様々な微物理・化学過程によって決定するが、多くの全球エアロゾルモデルでは、気体成分の凝縮による有機・硝酸塩エアロゾルの生成、凝集(粒子同士の衝突併合)、新粒子生成などの重要な微物理・化学過程は考慮されていない(もしくは簡易的に表現されている)。そのため、「粒径・混合状態」は直接・間接効果の推定において最も本質的な物理量であるにもかかわらず、これらを十分に表現できる全球エアロゾルモデルは世界的にも存在しない。

2. 研究の目的

本研究では、「粒径・混合状態」を十分に表現できる世界初の全球エアロゾルモデルを開発し、光吸収性エアロゾル各成分の気候影響の推定精度を飛躍的に向上させる。このモデルを用い、光吸収性エアロゾルとその混合状態の時空間変動を明らかにする。また、光吸収性エアロゾルの放射影響の推定における混合状態の重要性を明らかにする。そして、光吸収性エアロゾルやその気候影響評価の推定精度をさらに向上させていく上で重要になるパラメータ・素過程を明らかにする。

3. 研究の方法

エアロゾルの粒径とブラックカーボン(スス粒子; BC)の混合状態を2次元ビン法で表現するエアロゾルモデル(ATRAS)を開発し、全球気候モデルCAMに導入した。この手法では、同じような粒径・混合状態を持つ粒子を1つのグループ(ビン)として考え、ビンを多数用いることでエアロゾルの粒径・混合状態の多様性を解像する。粒径1nmから10 μ mまでのエアロゾルを12個のビン、BCの混合状態は各粒径ビンについて8個のビンを用いている。そして、大気中での一連のエアロゾルプロセス(放出・生成・変質・除去過程)とそれらによるエアロゾルの粒径・混合状態の変化を物理化学法則に基づいて計算する。

この全球気候-エアロゾルモデル(CAM-ATRAS)を用い、BCや人為起源の黒色酸化鉄粒子といった光吸収性エアロゾルが放射収支に及ぼす影響を評価した。産業革命前から現在にかけてと現在から将来にかけての放射収支の変化(特に直接放射強制力)を評価した。また、光吸収性エアロゾルの空間分布や光吸収量、放射効果に対する混合状態の重要性を評価した。そして、光吸収性成分の排出量や排出時の粒径・混合状態など、光吸収性エアロゾルとその気候影響評価において不確定性の大きいパラメータに着目し、それらのパラメータの不確定性が、光吸収性エアロゾルの濃度やその放射効果の推定精度に及ぼす影響を評価し、重要となる(感度の大きな)パラメータを導出した。

4. 研究成果

(1) これまで領域3次元モデルWRF-chemで用いてきた、エアロゾルの粒径とBCの混合状態を解像したエアロゾルモデルについて、大気中で起こるエアロゾルプロセス(凝縮・凝集・粒子生成など)のモデル表現を見直し、計算効率を10倍以上向上させたボックスモデルを開発した。そして、このボックスモデルを全球気候モデルCAMに導入し、エアロゾルの粒径とBCの混合状態を解像した全球エアロゾルモデルCAM-ATRASを開発した。CAM-ATRASの計算によって、従来のエアロゾルモデルと比べて、BC・有機エアロゾル・硝酸塩エアロゾルなどの質量濃度およびエアロゾル数濃度の全球分布の推定精度が大きく向上することを示した。また、混合状態や新粒子生成過程、先端的な有機エアロゾルの生成過程を導入することの重要性を感度実験によって示した。これらの結果をまとめ、査読付国際誌Journal of Advances in Modeling Earth Systemsに、主著論文2本を出版した(Matsui, 2017; Matsui and Mahowald, 2017)。

(2) CAM5-chem/ATRASを用い、エアロゾルが放出される際の粒径分布を正確に扱い、かつ粒径・混合状態をモデルで詳細に表現することが、BCの放射強制力を精度良く推定するために不可欠な要素であることを示した。特に、エアロゾルが放出される時の粒径分布の扱い方が正確でないと、BC粒子が大気中で経るプロセスの速度、被覆速度、光吸収の増大速度、寿命の推定が不正確になり、放射強制力の推定に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。この一連のメカニズム

による BC の放射強制力の不確定性は、これまで認識されてこなかったものである。そのため、他の気候モデルでも今後このメカニズムを考慮していくとともに、放出粒径や混合状態の不確定性を減らしていくことが大事な要素となる。また、現在気候における BC の放射強制力を精度良く推定するだけでなく、将来の BC 削減対策や温暖化対策を評価する際にも、上記の一連のメカニズムの理解が重要であることを示した。これらの結果をまとめ、査読付国際誌 Nature Communications に、主著論文を出版した (Matsui et al., 2018a)。

(3) BC と同様に化石燃料の燃焼によって放出される黒色酸化鉄に関して、近年の多地点観測の結果を CAM-ATRAS に導入した。人為起源鉄の全球放出量が従来の見積りと比べて約 5 倍、大気中濃度が約 8 倍も多いことを全球モデル計算によって明らかにした。また、海洋の一次生産が鉄律速と考えられている南大洋域において、人為起源の溶存鉄の沈着量が、鉱物性ダスト起源やバイオマス燃焼由来の溶存鉄の沈着量よりも大きくなり得ることを示した。さらに、黒色酸化鉄の大気および雪氷面における加熱効果を初めて推定し、他の光吸収性成分 (BC、ブラウンカーボン (光吸収性の有機エアロゾル)) に対して無視できない加熱効果を持つことを明らかにした。この研究から、人為起源の鉄エアロゾルが放射効果による短期的な気候影響と、海洋への鉄供給による長期的な気候影響という、多角的な気候システムへの影響を持つことを示した。これらの結果をまとめ、査読付国際誌 Nature Communications に、主著論文を出版した (Matsui et al., 2018b)。

(4) CAM5-chem/ATRAS を使い、BC の放射強制力を推定した。まず、産業革命前 (西暦 1750 年)、現在 (西暦 2010 年)、将来 (西暦 2100 年) の排出量条件を使い、それぞれ 5 年間の計算を行った。そして、過去から現在にかけてと現在から将来にかけてのエアロゾル各成分の濃度と BC の放射強制力を推定した。産業革命前から現在までの BC の放射強制力は、 0.29 W m^{-2} と推定された。また、光吸収性エアロゾルの濃度、光吸収量、放射強制力に対する混合状態の重要性を評価するため、混合状態の表現を簡略化した感度実験を行い、簡略化しない表現 (2 次元ビン法) を用いた数値モデル計算との比較を行った。その結果、混合状態を簡略化した表現では、被覆成分による光吸収の増大効果を過大推定し、BC の放射強制力を 30-40% 程度過大推定することがわかった。また、BC の光吸収効率 (単位質量あたりの光吸収量) が過去、現在、将来の排出量条件で大きく異なることを示した。これは、硫酸塩エアロゾルや有機エアロゾルの生成速度とそれらの BC への被覆速度が過去、現在、将来の条件では異なるためである。これらの結果をまとめ、査読付国際誌 Journal of Geophysical Research: Atmospheres に、主著論文を出版した (Matsui, 2020)。

(5) CAM5-chem/ATRAS における積雲と混合相雲 (水と氷が共存する雲) におけるエアロゾルの除去過程のモデル表現を改良した。積雲については、従来モデル内の別々の箇所で行われていた積雲内のエアロゾルの輸送・活性化・除去過程について、それらの過程を同時にかつ整合的に計算できる計算手法を開発した。混合相雲については、WBF 過程 (水と氷の飽和水蒸気圧が異なることが要因となり、氷晶が水滴の水蒸気を奪って成長し、水滴が蒸発する過程) によって、エアロゾルを含む雲粒 (水滴) が蒸発し、エアロゾルの雲・降水過程による除去率が減少する過程をモデルに導入した。この改良によって、熱帯域の上部対流圏での BC の質量濃度は約 10 倍減少し、北極域の下部・中部対流圏の BC 濃度は数倍程度増大した。従来の多くの数値モデル研究では、熱帯域の上部対流圏での BC 濃度は観測結果を大幅に過大推定し、北極域の下部・中部対流圏では観測結果を大きく過小推定してきた。本研究によるエアロゾルの除去過程の改良によって、熱帯域の上部対流圏と北極域の下部・中部対流圏の両方の領域での BC の観測再現性は大きく改善し、BC の全球分布の推定精度が向上した。これらの結果をまとめ、査読付国際誌 Journal of Geophysical Research: Atmospheres に、責任著者として論文を出版した (Liu and Matsui, 2021)。

(6) CAM5-chem/ATRAS を使い、BC の時空間分布と気候影響の不確定要因となるプロセスやパラメータを明らかにする研究を実施した。その 1 例として、雲内での上昇流速度や最大過飽和度のモデル表現にも大きな不確定性があり、この不確定性の低減が、BC や他のエアロゾル成分の全球分布や北極域での濃度の推定において非常に重要になることを明らかにした。現状の雲内の上昇流の不確定性に伴う BC の放射強制力の不確定性幅は、全球平均で $0.31 \sim 0.43 \text{ W m}^{-2}$ 、北極域では $0.091 \sim 0.40 \text{ W m}^{-2}$ と推定された。これらの結果をまとめ、査読付国際誌 Geophysical Research Letters に、主著論文を出版した (Matsui and Moteki, 2020)。

< 引用文献 >

- Liu, M. and H. Matsui, Improved simulations of global black carbon distributions by modifying wet scavenging processes in convective and mixed-phase clouds, J. Geophys. Res. Atmos., 126, e2020JD033890, 2021.
- Matsui, H., Development of a global aerosol model using a two-dimensional sectional method: 1. Model design, J. Adv. Model. Earth Syst., 9, 1921-1947, 2017.
- Matsui, H. and N. Mahowald, Development of a global aerosol model using a two-dimensional sectional method: 2. Evaluation and sensitivity simulations, J. Adv.

Model. Earth Syst., 9, 1887-1920, 2017.

Matsui, H., D. S. Hamilton, and N. M. Mahowald, Black carbon radiative effects highly sensitive to emitted particle size when resolving mixing-state diversity, Nat. Commun., 9, 3446, 2018a.

Matsui, H., N. M. Mahowald, N. Moteki, D. S. Hamilton, S. Ohata, A. Yoshida, M. Koike, R. A. Scanza, and M. G. Flanner, Anthropogenic combustion iron as a complex climate forcer, Nat. Commun., 9, 1593, 2018b.

Matsui, H., Black carbon absorption efficiency under preindustrial and present-day conditions simulated by a size- and mixing-state-resolved global aerosol model, J. Geophys. Res. Atmos., 125, e2019JD032316, 2020.

Matsui, H. and N. Moteki, High sensitivity of Arctic black carbon radiative effects to subgrid vertical velocity in aerosol activation, Geophys. Res. Lett., 47, e2020GL088978, 2020.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 25件／うち国際共著 14件／うちオープンアクセス 24件）

1. 著者名 Yoshida, A., N. Moteki, S. Ohata, T. Mori, M. Koike, Y. Kondo, H. Matsui, N. Oshima, A. Takami, and K. Kita	4. 巻 125
2. 論文標題 Abundances and microphysical properties of light-absorbing iron oxide and black carbon aerosols over East Asia and the Arctic	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2019JD032301
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2019JD032301	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., Y. Kondo, S. Ohata, Y. Zhao, P. R. Sinha, N. Oshima, H. Matsui, N. Moteki, and M. Koike	4. 巻 125
2. 論文標題 Seasonal variation of wet deposition of black carbon in Arctic Alaska	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2019JD032240
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2019JD032240	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 Matsui, H. and N. Moteki	4. 巻 47
2. 論文標題 High sensitivity of Arctic black carbon radiative effects to sub-grid 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 e2020GL088978
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 Hamilton, D. S., R. A. Scanza, S. D. Rathod, L. Li, T. C. Bond, J. Kok, H. Matsui, S. Tilmes, and N. M. Mahowald	4. 巻 47
2. 論文標題 Recent (1980-to-2015) trends and variability in daily-to-interannual soluble iron deposition from dust, fire, and anthropogenic sources	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2020GL089688
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2020GL089688	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 Burgos, M. A., E. Andrews, G. Titos, A. Benedetti, H. Bian, V. Buchard, G. Curci, A. Kirkevåg, H. Kokkola, A. Laakso, M. Lund, H. Matsui, G. Myhre, C. Randles, M. Schulz, T. van Noije, K. Zhang, L. Alados-Arboledas, U. Baltensperger, A. Jefferson, J. Sherman, J. Sun, E. Weingartner, and P. Zieger	4. 巻 20
2. 論文標題 A global model-measurement evaluation of particle light scattering coefficients at elevated relative humidity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 10231-10258
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-20-10231-2020	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 該当する

1. 著者名 Matsui, H.	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 e2019JD032316
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 Tobo, Y., J. Uetake, H. Matsui, N. Moteki, Y. Uji, Y. Iwamoto, K. Miura, and R. Misumi	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 Ching, J., M. Kajino, and H. Matsui	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 Gliss, J., A. Mortier, M. Schulz, E. Andrews, Y. Balkanski, S. E. Bauer, A. M. K. Benedictow, H. Bian, R. Checa-Garcia, M. Chin, P. Ginoux, J. J. Griesfeller, A. Heckel, B. N. Holben, S. Kinne, Z. Kipling, A. Kirkevag, H. Kokkola, P. Laj, P. L. Sager, R. Levy, M. T. Lund, C. L. Myhre, H. Matsui, G. Myhre, et al.	4. 巻 21
2. 論文標題 AeroCom phase III multi-model evaluation of the aerosol life cycle and optical properties using ground and space based remote sensing as well as surface in-situ observations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 87-128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-21-87-2021	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 Liu, M. and H. Matsui	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 e2020JD033890
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 Lamb, K. D., H. Matsui, J. M. Katich, A. E. Perring, J. R. Spackman, B. Weinzierl, M. Dollner, and J. P. Schwarz	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 15
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 Koike, M., K. Goto-Azuma, Y. Kondo, H. Matsui, T. Mori, N. Moteki, S. Ohata, H. Okamoto, N. Oshima, K. Sato, T. Takano, Y. Tobo, J. Ukita, and A. Yoshida	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 Brahney, J., N. Mahowald, M. Prank, G. Cornwell, Z. Klimont, H. Matsui, and K. A. Prather	4. 巻 118
2. 論文標題 Constraining the atmospheric limb of the plastic cycle	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	6. 最初と最後の頁 e2020719118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2020719118	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, M. and H. Matsui	4. 巻 21
2. 論文標題 Radiative forcings induced by the substantial changes in anthropogenic emissions over China during 2008-2016	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 Fanourgakis, G. S., M. Kanakidou, A. Nenes, S. E. Bauer, T. Bergman, K. S. Carslaw, A. Grini, D. S. Hamilton, J. S. Johnson, V. A. Karydis, A. Kirkevag, J. K. Kodros, U. Lohmann, G. Luo, R. Makkonen, H. Matsui, D. Neubauer, J. R. Pierce, J. Schmale, P. Stier et al.	4. 巻 19
2. 論文標題 Evaluation of global simulations of aerosol particle number and cloud condensation nuclei, and implications for cloud droplet formation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 8591-8617
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-19-8591-2019	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 茂木信宏、森樹大、松井仁志、大畑祥	4. 巻 41
2. 論文標題 降水雲の過飽和度を観測から制約する：エアロゾル空間分布の予測のために	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 大気化学研究	6. 最初と最後の頁 041A03
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 Matsui, H., N. M. Mahowald, N. Moteki, D. S. Hamilton, S. Ohata, A. Yoshida, M. Koike, R. A. Scanza, and M. G. Flanner	4. 巻 9
2. 論文標題 Anthropogenic combustion iron as a complex climate forcer.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Communications	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/s41467-018-03997-0	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 Matsui, H., D. S. Hamilton, N. M. Mahowald,	4. 巻 9
2. 論文標題 Black carbon radiative effects highly sensitive to emitted particle size when resolving mixing-state diversity.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Communications	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/s41467-018-05635-1	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 Sullivan R. C., P. Crippa, H. Matsui, L. R. Leung, C. Zhao, A. Thota, and S. C. Pryor	4. 巻 1
2. 論文標題 New particle formation leads to cloud dimming.	5. 発行年 2018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/s41612-018-0019-7	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 Wu, M., X. Liu, L. Zhang, C. Wu, Z. Lu, P.-L. Ma, H. Wang, S. Tilmes, N. Mahowald, H. Matsui, and R. C. Easter,	4. 巻 10
2. 論文標題 Impacts of Aerosol Dry Deposition on Black Carbon Spatial Distributions and Radiative Effects in the Community Atmosphere Model CAM5.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Advances in Modeling Earth Systems	6. 最初と最後の頁 1150-1171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2017MS001219	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 Dong, C., H. Matsui, S. Spak, A. Kalafut-Pettibone, and C. Stanier,	4. 巻 19
2. 論文標題 Impacts of New Particle Formation on Short-term Meteorology and Air Quality as Determined by the NPF-explicit WRF-Chem in the Midwestern United States.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Aerosol and Air Quality Research	6. 最初と最後の頁 204-220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4209/aaqr.2018.05.0163	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 Moteki, N., T. Mori, H. Matsui, and S. Ohata,	4. 巻 2
2. 論文標題 Observational constraint of in-cloud supersaturation for simulations of aerosol rainout in atmospheric models.	5. 発行年 2019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/s41612-019-0063-y	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 N. Mahowald	4. 巻 9
2. 論文標題 Development of a global aerosol model using a two-dimensional sectional method: 2. Evaluation and sensitivity simulations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Advances in Modeling Earth Systems	6. 最初と最後の頁 1887-1920
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2017MS000937	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 Matsui, H.	4. 巻 9
2. 論文標題 Development of a global aerosol model using a two-dimensional sectional method: 1. Model design	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Advances in Modeling Earth Systems	6. 最初と最後の頁 1921-1947
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2017MS000936	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 Kanaya, Y., H. Matsui, F. Taketani, X. Pan, Y. Komazaki, Z. Wang, L. Chang, D. Kang, M. Choi, S.-Y. Kim, C.-H. Kang, A. Takami, H. Tanimoto, K. Ikeda, and K. Yamaji	4. 巻 17
2. 論文標題 Observed and modeled mass concentrations of organic aerosols and PM2.5 at three remote sites around the East China Sea: Roles of chemical aging	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Aerosol and Air Quality Research	6. 最初と最後の頁 3091-3105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4209/aaqr.2016.12.0573	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39件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 27件)

1. 発表者名 Burgos, M. A., E. Andrews, G. Titos, A. Benedetti, H. Bian, V. Buchard, G. Curci, A. Kirkevåg, H. Kokkola, A. Laakso, M. Lund, H. Matsui, G. Myhre, C. Randles, M. Schulz, T. van Noije, K. Zhang, L. Alados-Arboledas, U. Baltensperger, A. Jefferson, J. Sherman, J. Sun, E. Weingartner, and P. Zieger
2. 発表標題 First global evaluation of the representation of water uptake within ten earth system models
3. 学会等名 EGU 2020 meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mori, T., Y. Kondo, S. Ohata, Y. Zhao, P. R. Sinha, N. Oshima, H. Matsui, N. Moteki, and M. Koike
2. 発表標題 Black carbon and inorganic aerosols in Arctic snowpack
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 吉田淳、茂木信宏、大畑祥、森樹大、小池真、近藤豊、松井仁志、大島長、高見昭憲、北和之
2. 発表標題 航空機を用いた東アジアおよび北極域における黒色炭素と酸化鉄エアロゾルの動態研究
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森樹大、近藤豊、福田かおり、當房豊、東久美子、大畑祥、松井仁志、Sinha, P. R.、大島長、矢吹正教、茂木信宏、小池真
2. 発表標題 ニールスンに沈着した黒色炭素粒子濃度の季節変化
3. 学会等名 日本エアロゾル学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Pan, X., R. Kahn, M. Chin, H. Matsui, T. Takemura, B. Xie, H. Zhang, and M. Val Martin
2. 発表標題 AeroCom III multi-model comparison: Update on biomass burning emission injection height experiment (BBEIH)
3. 学会等名 19th AeroCom workshop and 8th AeroSAT workshop (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Chin, M., H. Bian, S. Bauer, P. Ginoux, A. Kirkevåg, H. Kokkola, T. Kucsera, H. Matsui, G. Myhre, D. Neubauer, T. Takemura, K. Tsigaridis
2. 発表標題 Vertical profile: Are models getting better after all these years?
3. 学会等名 19th AeroCom workshop and 8th AeroSAT workshop (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Burgos, M. A., E. Andrews, G. Titos, A. Benedetti, H. Bian, V. Buchard, G. Curci, A. Kirkevåg, H. Kokkola, A. Laakso, M. Lund, H. Matsui, G. Myhre, C. Randles, M. Schulz, T. van Noije, K. Zhang, L. Alados-Arboledas, U. Baltensperger, A. Jefferson, J. Sherman, J. Sun, E. Weingartner, and P. Zieger
2. 発表標題 First global overview on the representation of water uptake by ten global climate models
3. 学会等名 19th AeroCom workshop and 8th AeroSAT workshop (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松井仁志、茂木信宏
2. 発表標題 北極域のブラックカーボンの放射強制力に対する雲内上昇流の扱いの重要性について
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 Mori, T., S. Ohata, K. Goto-Azuma, Y. Kondo, K. Fukuda, Y., Ogawa-Tsukagawa, N. Moteki, A. Yoshida, M. Koike, P. R. Sinha, N. Oshima, H. Matsui, Y. Tobo, M. Yabuki, and W. Aas
2. 発表標題 Seasonal variation of wet deposition of black carbon at Ny-Alesund, Svalbard
3. 学会等名 The 11th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Rathod, S., D. Hamilton, N. Mahowald, H. Matsui, J. Pierce, and T. Bond
2. 発表標題 Atmospheric radiative and oceanic biological productivity responses to anthropogenic combustion-iron emission in the 1850-2000 period
3. 学会等名 2020 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Matsui, N. M. Mahowald, N. Moteki, D. S. Hamilton, S. Ohata, A. Yoshida, M. Koike, R. A. Scanza, and M. G. Flanner
2. 発表標題 Anthropogenic combustion iron as a complex climate forcer
3. 学会等名 SOLAS Open Science Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 茂木信宏、小池真、大畑祥、近藤豊、竹川暢之、足立光司、大島長、松井仁志、北和之、森樹大、吉田淳
2. 発表標題 航空機観測から解明された対流圏中の黒色炭素および酸化鉄エアロゾルの基本的動態
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Burgos, G. Titos, E. Andrews, H. Bian, V. Buchard, G. Curci, A. Kirkevag, H. Matsui, C. Randles, K. Zhang, and P. Zieger
2. 発表標題 Evaluation and improvement of the parameterization of aerosol hygroscopicity in global climate models using in-situ surface measurements
3. 学会等名 2019 ARM/ASR PI meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Burgos, G. Titos, E. Andrews, H. Bian, V. Buchard, G. Curci, A. Kirkevag, H. Matsui, C. Randles, K. Zhang, and P. Zieger
2. 発表標題 A global model-measurement evaluation of particle light scattering coefficients at elevated relative humidity
3. 学会等名 European Aerosol Conference EAC 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Burgos, G. Titos, E. Andrews, H. Bian, V. Buchard, G. Curci, A. Kirkevag, H. Matsui, C. Randles, K. Zhang, and P. Zieger
2. 発表標題 Assessment on the differences between climate models and in-situ measurements of aerosol optical hygroscopic growth
3. 学会等名 European Meteorological Society Annual Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Kanaya, F. Taketani, T. Miyakawa, C. Zhu, H. Kobayashi, Y-W. Kim, P. Mordovskoi, T. Maximov, K. Yamaji, M. Takigawa, Y. Kondo, and H. Matsui
2. 発表標題 From Asia to the Arctic/remote oceans: Recent BC observations by JAMSTEC and plans of model intercomparisons
3. 学会等名 3rd PACES Open Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Burgos, G. Titos, E. Andrews, H. Bian, V. Buchard, G. Curci, A. Kirkevåg, H. Matsui, C. Randles, K. Zhang, G. Myhre, T. van Noije, A. Benedetti, and P. Zieger
2. 発表標題 Effect of water uptake on aerosol light scattering: comparison of a new in-situ benchmark dataset to nine global climate models
3. 学会等名 Aerocom meeting 2019 (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 岩田拓己、大畑祥、吉田淳、茂木信宏、小池真、大島長、松井仁志
2. 発表標題 北極域におけるブラックカーボンの航空機観測
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 森樹大、近藤豊、P. R. Sinha、Y. Zhao、小池真、B. Andrews、松井仁志、茂木信宏、大畑祥
2. 発表標題 BarrowにおけるBC粒子の湿性沈着フラックスの季節変動
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 K. D. Lamb, H. Matsui, D. Fahey, J. Katich, A. Perring, R. Spackman, M. Thatcher, B. Weinzierl, and J. P. Schwarz
2. 発表標題 Global-scale constraints on light-absorbing anthropogenic combustion iron oxide aerosols
3. 学会等名 ATOM Science Team Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Ching, M. Kajino, and H. Matsui
2. 発表標題 Black carbon deposition in the respiratory tract: Insight from black carbon mixing-state-resolved GCM simulations
3. 学会等名 2019 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Burgos Simon, G. Titos, E. Andrews, H. Bian, V. Buchard, G. Curci, A. Kirkevag, H. Matsui, C. Randles, K. Zhang, and P. Zieger
2. 発表標題 Evaluation of the particle light scattering enhancement factor within six climate models using surface-based in-situ measurements
3. 学会等名 2019 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Tobo, J. Uetake, H. Matsui, Y. Uji, Y. Iwamoto, K. Miura, and R. Misumi
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 Third Atmospheric Ice Nucleation Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松井仁志, Douglas Hamilton, Natalie Mahowald,
2. 発表標題 混合状態の多様性によるブラックカーボンの放射効果の不確定性
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Can Dong, Robert Bullard, Ashish Singh, Scott Spak, Hitoshi Matsui, Charles Stanier,
2. 発表標題 Characterization of NPF Events and Sensitivity of CN and CCN to Changes in Anthropogenic Emissions in the Midwestern United States.
3. 学会等名 10th International Aerosol Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hitoshi Matsui, Douglas Hamilton, Natalie Mahowald,
2. 発表標題 Impact of particle size and mixing state diversity on estimates of black carbon mitigation
3. 学会等名 2018 iCACGP/IGAC Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hitoshi Matsui, Douglas Hamilton, Natalie Mahowald,
2. 発表標題 Black carbon radiative effects highly sensitive to emitted particle size when resolving mixing-state diversity
3. 学会等名 AeroCom/AeroSat 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 L. Lee, D. Watson-Parris, J. Muelmenstaedt, A. Gettelman, P. Stier, K. Carslaw, D. Olivie, S. Bauer, K. Tsigaridis, M. Schulz, H. Matsui, T. Takemura, J. Quass, Y. Lee,
2. 発表標題 The Aero Com multi-model perturbed physics ensemble (MMPPE)
3. 学会等名 AeroCom/AeroSat 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松井仁志
2. 発表標題 北極域のブラックカーボンの数値シミュレーション
3. 学会等名 大気雪氷物質交換研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松井仁志, Douglas Hamilton, Natalie Mahowald
2. 発表標題 ブラックカーボンの放射強制力に対する混合状態の多様性と排出時粒径の重要性
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 Kara D. Lamb, Joseph Katich, Hitoshi Matsui, Anne Perring, Ryan Spackman, Melanie Thatcher, Bernadett Weinzierl, and Joshua P. Schwarz
2. 発表標題 Expanding the role of the SP2: in situ measurements of atmospheric ironoxide concentrations
3. 学会等名 2018 ATom Science Team Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hitoshi Matsui, Douglas Hamilton, Natalie Mahowald
2. 発表標題 Black carbon radiative effects highly sensitive to emitted particle size when resolving mixing-state diversity
3. 学会等名 2018 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松井仁志
2. 発表標題 北極域のブラックカーボンの数値シミュレーション
3. 学会等名 2018 年北大低温科学研究所 共同研究集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松井仁志
2. 発表標題 粒径分布と混合状態を解像した二次元ピン法を用いた全球エアロゾルモデルの開発
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 Matsui, H.
2 . 発表標題 Development of a global aerosol model using a two-dimensional sectional method
3 . 学会等名 Frontiers of Atmospheric Aerosol Studies: Toward the Understanding of the Health and Climatic Effects (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Matsui, H. and N. Mahowald
2 . 発表標題 Development of a global aerosol model using a two-dimensional sectional method
3 . 学会等名 22nd Annual CESM workshop (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Sullivan, R. C., P. Crippa, H. Matsui, R. Leung, C. Zhao, A. Thota, and S. C. Pryor
2 . 発表標題 Modeling the impact of new particle formation on regional cloud radiative forcing
3 . 学会等名 American Meteorological Society 98th Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 C. Dong, H. Matsui, S. N. Spak, and C. Stanier
2 . 発表標題 Impacts of new particle formation on short-term Midwestern meteorology and air quality as determined by the NPF-explicit WRF-chem
3 . 学会等名 36th AAAR annual conference (国際学会)
4 . 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

(1)名古屋大学HP「人間活動によって放出される鉄エアロゾルが多面的に気候へ影響を及ぼすことを発見」
http://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload_images/20180423_env_1.pdf
(2)名古屋大学HP「大気中のすす粒子による地球温暖化効果：個々の粒子の大きさや被覆量の違い...」
http://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload_images/20180831_env.pdf

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

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	Cornell University	NOAA Earth System Research Laboratory	Pacific Northwest National Laboratory	他6機関