

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月27日現在

機関番号：82109

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2014～2018

課題番号：26701004

研究課題名(和文) 全球エアロゾル化学気候モデルの開発と黒色炭素粒子の放射効果の高精度評価

研究課題名(英文) Development of a global aerosol chemistry climate model and evaluations of radiative effects of black carbon

研究代表者

大島 長(Oshima, Naga)

気象庁気象研究所・環境・応用気象研究部・主任研究官

研究者番号：50590064

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 17,500,000円

研究成果の概要(和文)：ブラックカーボン(黒色炭素粒子)の放射効果の推定精度の向上を目的として、全球エアロゾル化学気候モデルを開発した。このモデルは気象研究所地球システムモデルを構成するサブモデルとして機能する。これまでに実施されたエアロゾルの観測結果とモデルによる計算結果を比較したところ、モデルは観測されたブラックカーボンの時空間変動や光吸収量を再現することができた。検証したモデルを用いて、全球規模でのブラックカーボンの空間分布および放射効果を定量的に評価した。またエアロゾルの放射効果が全球規模の地上気温に及ぼす影響についても評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したモデルでは、従来大きな不確定が含まれていたエアロゾル諸過程の改良に着目し、モデルでのブラックカーボンの時空間分布および光吸収量の再現性が向上したため、全球規模のブラックカーボンの放射効果を定量的に評価することが可能となった。本研究により得られた成果は、今後の気候モデルによるエアロゾルの気候影響を評価する上で基盤となることが期待される。また本研究で開発したモデルは、第6期結合モデル比較計画での気候変動予測実験で使用されるため、本研究で得られた成果は、今後の気候変動に関する政府間パネルの評価報告書に貢献できることが期待される。

研究成果の概要(英文)：We have developed a new global aerosol chemistry climate model to improve estimations of radiative effects of black carbon. The new model works as a component model of the Meteorological Research Institute Earth System Model. Comparisons of the model calculations with the aerosol observations show that the new model generally reproduces well the spatial/temporal variations and light absorptions of black carbon. Using the validated model, we have evaluated the spatial distribution of black carbon and the radiative effects on a global basis. We have also evaluated impacts of the radiative effects of aerosols on the global surface air temperature.

研究分野：大気環境科学

キーワード：エアロゾル 黒色炭素粒子 大気化学 環境変動 気候変動 気象 放射 全球モデル

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

多くの大気中のエアロゾル(微粒子)成分は太陽放射を散乱するのに対し、ブラックカーボン(黒色炭素粒子)は例外的に太陽放射を強く吸収し、大気を加熱する。このためブラックカーボンは、二酸化炭素、メタンに次いで、三番目に大きい正の放射強制力を持つ可能性が指摘されている。しかしながら、従来の気候影響評価に使用されている気候モデルでは、観測により得られたブラックカーボンの濃度分布や光吸収量の再現性が不十分であり、これまでのブラックカーボンの放射影響評価には大きな不確定性が含まれていた。

2. 研究の目的

従来の気候モデルが抱えるエアロゾルに関する問題点を克服するために、モデルの素過程を物理化学法則に基づき表現することに着目し、全球エアロゾル化学気候モデル(地球システムモデルを構成するサブモデル)を開発する。これまでに実施された観測結果を用いて、開発したモデルによる計算結果の検証を行い、全球規模でのブラックカーボンの空間分布および放射効果を定量的に評価する。

3. 研究の方法

全球エアロゾル化学気候モデルの開発において、特にブラックカーボンの放射効果の推定精度を向上させるために、ブラックカーボンの変質過程(混合状態の時間変化)、エアロゾルの降水による除去過程、ブラックカーボンの光吸収の増大効果(レンズ効果)をモデルで表現できるようにした。これらを導入することで、第6期結合モデル比較計画(CMIP6)に向けた新しいバージョンの気象研究所地球システムモデル(MRI-ESM2.0)を開発した。

開発したモデルを用いて、近年(2008-2015年)を対象とした現実的な気象場と海面水温を与える再現計算を行い、これまでに実施されたエアロゾルの観測結果(地上観測や航空機観測等)との比較を行うことで、モデルの検証・改良を実施した。検証・改良したモデルを用いて、全球規模でのブラックカーボンの空間分布および放射効果を評価した。またエアロゾルの放射効果が全球規模の地上気温などに及ぼす影響について評価した。

4. 研究成果

(1) 気候モデルの開発

従来の気候モデルが抱えるエアロゾルに関する問題点を克服するために、特にブラックカーボンに関するモデル計算手法について、大きく分類して3種類の改良を実施した。第一に、ブラックカーボンの混合状態の変化を物理化学法則に基づき扱うパラメタリゼーションを導入することで、大気環境に応じてブラックカーボンが疎水性から親水性へと変化する速度を表現できるように、エアロゾルの微物理過程の改良を行った(変質過程の改良、従来は一定速度の時定数(1.2日)を仮定)。第二に、積雲対流パラメタリゼーションにエアロゾルの降水による除去過程を新たに組み込むことで、エアロゾルが降水除去を経ながら鉛直輸送される様子を整合的に表現できるように、エアロゾルの湿性沈着過程の改良を行った(除去過程の改良、従来は鉛直輸送と除去過程を整合的に扱っていない)。第三に、親水性ブラックカーボンと硫酸塩エアロゾルとの内部混合を仮定し、ブラックカーボンをコア、その周りを覆う他成分をシェルとして扱う、コア・シェル型のミー散乱理論を新たに導入することで、ブラックカーボンの光吸収量が増大する効果を表現できるように、エアロゾルの放射過程の改良を行った(レンズ効果の導入、従来はレンズ効果なし)。これらの導入に加えて、他エアロゾル成分の放射特性や微物理特性などの改良を実施することで、CMIP6に向けた新しいバージョンの気象研究所地球システムモデル(MRI-ESM2.0)を開発した。またモデルの検証に使用するための観測データの整備を行うとともに、観測データの解析をすることで各エアロゾル過程の重要性などを明らかとした。

(2) ブラックカーボンの時空間分布の検証と評価

地上観測データを用いて、ブラックカーボンの主要な発生源である東アジア域と遠方域である北極域において、ブラックカーボンの質量濃度変動のモデル計算結果を観測結果と比較した。開発したモデルは、両地域で観測されたブラックカーボンの季節変化を再現することができた。とくに北極域においては、従来の変質過程スキームを用いた計算では、観測されたブラックカーボンの季節変化(冬季・春季における濃度増大)を再現できなかったのに対し、開発したモデルでは、季節変化の再現性が大きく向上した(図1)。ブラックカーボンの変質過程は、湿性沈着による除去を効率的に受ける親水性ブラックカーボンの存在量を決定するため、これらの結果は、モデルに導入した変質過程スキームの妥当性を示すとともに、北極域でのブラックカーボンの季節変化を決める上で変質過程が重要な役割を果たすことを示唆している。

航空機観測データを用いて、東アジア域、北極域、熱帯域におけるブラックカーボン質量濃度と二酸化炭素(CO₂)濃度の鉛直分布のモデル計算結果を観測結果と比較した。CO₂は降水による除去を受けないため、数日間の時間スケールでの同じ空気塊中にあるエアロゾル・微量物質の輸送過程を検証するためのトレーサーとして使用できる。開発したモデルは、これらの地域で観測されたブラックカーボン濃度とCO₂濃度の鉛直分布を再現することができた。とくに熱帯域(太平洋)の上部・中部対流圏中では、従来の湿性沈着過程スキームを用いた計算では、ブラックカーボン濃度を大幅に過大評価したのに対し、開発したモデルでは、ブラックカーボン

の鉛直分布の再現性が向上した。これらの結果は、モデルに導入した湿性沈着過程および輸送過程スキームの妥当性を示すとともに、上部・中部対流圏中のブラックカーボン濃度を決める上で、積雲対流に伴うエアロゾルの湿性沈着過程が重要な役割を果たすことを示唆している。

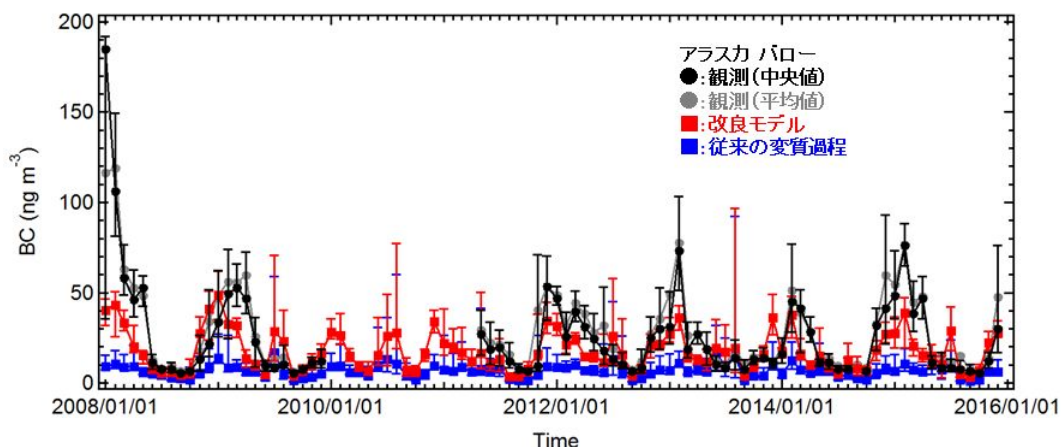


図 1. 米国アラスカ・バロー（71.3N, 156.6W）におけるブラックカーボン質量濃度（ ng m^{-3} ）の時間変動の地上観測（丸印）とモデル計算結果（四角印）の比較。観測は、各月における中央値と 25, 75 パーセンタイル（黒色）と平均値（灰色）を示す。モデル結果は、開発したモデルの計算結果（赤色）と従来の変質過程スキームを用いた計算結果（青色）の各月における中央値と 25, 75 パーセンタイルを示す。

（3）ブラックカーボンの放射効果の検証と評価

エアロゾルの放射特性の再現性を検証するために、地上放射観測データとモデル計算結果の比較を行った。この比較では、世界各地における AERONET (Aerosol Robotic Network) 観測により得られたエアロゾルの光学的厚さ (AOD, Aerosol Optical Depth) と光吸収に伴うエアロゾルの光学的厚さ (AAOD, Absorption Aerosol Optical Depth) から算出された月平均値を用いた。開発したモデルは、AOD と AAOD の空間分布のパターンを再現するとともに、全地点の平均値同士の比較では、AOD を約 20%、AAOD を約 30%の過小評価に収まった。これらの結果は、モデルにレンズ効果を導入することにより、従来大幅に過小評価したブラックカーボンの光吸収量が増大し、エアロゾルの放射特性の再現性が向上したことを示している。

開発したモデルを用いて、大気上端におけるブラックカーボンの直接放射強制力とその帯状平均を推定した（図 2）。本モデル計算結果では、ブラックカーボンの直接放射強制力の全球平均値は、 0.2 W m^{-2} と推定された（2008-2015 年平均値）。また従来手法を用いたモデル計算結果との比較から、ブラックカーボンの直接放射強制力は、内部混合に伴うレンズ効果の導入により約 40%増大し、変質過程の改良により約 20%増大することが示唆された。これらの結果は、ブラックカーボンの混合状態が全球規模の放射効果に大きな影響を及ぼすことを示唆している。またブラックカーボンの放射効果の増大は、北半球の中・高緯度において顕著であった。これらの結果は、気候変動に脆弱な北極域において、最新の気候モデルを用いてブラックカーボンの気候影響を再評価する必要があることを示唆している。

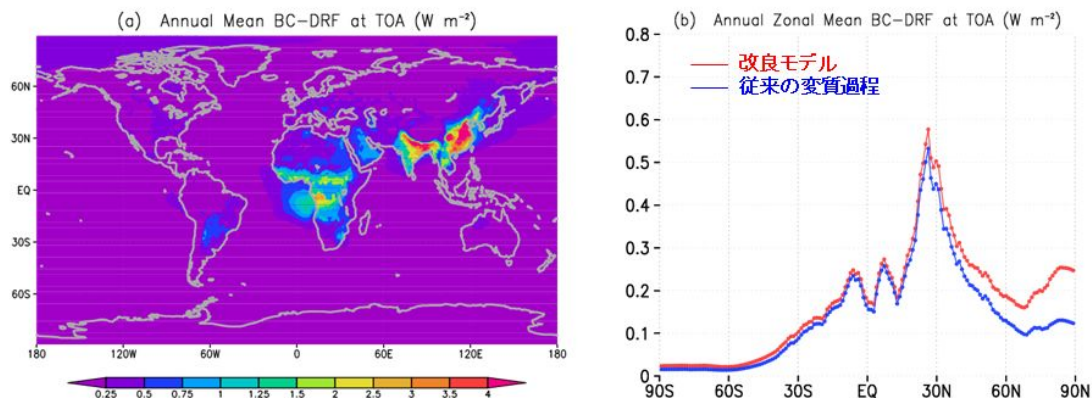


図 2. (a) 開発したモデルで計算された大気上端におけるブラックカーボンの直接放射強制力 (W m^{-2}) の水平分布。(b) モデルで計算された帯状平均した大気上端におけるブラックカーボンの直接放射強制力 (W m^{-2}) の緯度分布。開発したモデル計算結果を赤色、従来の変質過程スキームを用いた計算結果を青色で示す。2008-2015 年の年平均値を示す。

(4) エアロゾルの気候影響評価

気候モデルを用いた異分野横断型の研究として、小惑星衝突により成層圏中に放出されるブラックカーボンの量に応じて、太陽光の遮断量が変わり、全球規模での地上気温と降水量が大きく変化することを示した。これらの成果は、白亜紀末の恐竜等の絶滅にブラックカーボンが寄与していた可能性を示唆するとともに、衝突地点が恐竜等の絶滅の可否に重要な役割を果たしていた可能性を示唆している。これらの結果は、現在だけでなく過去の地球の気候変動においても、ブラックカーボンが重要な役割を果たしていた可能性を示唆している。

気象研究所地球システムモデル(MRI-ESM2.0)では、大気上端における短波、長波および正味の放射の誤差が顕著に減少し、従来モデルと比べて、産業革命前から現在まで(1850-2014年)の全球平均の地上気温変化の再現性が向上した。本研究により得られた成果は、今後の気候モデルによる気候影響評価を実施する上で重要な基盤となることが期待される。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計17件) (研究協力者によるその他の発表論文(計5件、査読有)は省略)

- 1) Kawai, H., Yukimoto, S., Koshiro, T., Oshima, N., Tanaka, T., Yoshimura, H., and Nagasawa, R.: Significant Improvement of Cloud Representation in Global Climate Model MRI-ESM2, *Geosci. Model Dev.*, 査読有, in press, 2019, <https://doi.org/10.5194/gmd-2019-23>.
- 2) Yukimoto, S., H. Kawai, T. Koshiro, N. Oshima, K. Yoshida, S. Urakawa, H. Tsujino, M. Deushi, T. Tanaka, M. Hosaka, S. Yabu, H. Yoshimura, E. Shindo, R. Mizuta, A. Obata, Y. Adachi, and M. Ishii: The Meteorological Research Institute Earth System Model version 2.0, MRI-ESM2.0: Description and basic evaluation of the physical component, *J. Meteor. Soc. Japan*, 査読有, 97(5), 2019, <https://doi.org/10.2151/jmsj.2019-051>.
- 3) Kajino, M., M. Deushi, T. T. Sekiyama, N. Oshima, K. Yumimoto, T. Y. Tanaka, J. Ching, A. Hashimoto, T. Yamamoto, M. Ikegami, A. Kamada, M. Miyashita, Y. Inomata, S. Shima, K. Adachi, Y. Zaizen, Y. Igarashi, H. Ueda, T. Maki, M. Mikami., NHM-Chem, the Japan Meteorological Agency's Regional Meteorology - Chemistry Model: Model Evaluations toward the Consistent Predictions of the Chemical, Physical, and Optical Properties of Aerosols, *J. Meteor. Soc. Japan*, 査読有, 97(2), 2019, 337-374, <https://doi.org/10.2151/jmsj.2019-020>.
- 4) P. R. Sinha, Y. Kondo, K. Goto-Azuma, Y. Tsukagawa, K. Fukuda, M. Koike, S. Ohata, N. Moteki, T. Mori, N. Oshima, E. J. Førland, M. Irwin, J.-C. Gallet, and C. A. Pedersen, Seasonal progression of the deposition of black carbon by snowfall at Ny-Ålesund, Spitsbergen, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 査読有, 123, 2018, 997-1016, <https://doi.org/10.1002/2017JD028027>.
- 5) Kunio Kaiho and Naga Oshima, Site of asteroid impact changed the history of life on Earth: the low probability of mass extinction, *Scientific Reports*, 査読有, 7, 2017, 14855, doi:10.1038/s41598-017-14199-x. (**Research highlights, 2017年雑誌内被検索数: 地球科学分野の約1500論文中1位、全体の約24000論文中9位**)
- 6) Reddington, C., K. Carslaw, P. Stier, N. Schutgens, H. Coe, D. Liu, J. Allan, J. Browse, K. Pringle, L. Lee, M. Yoshioka, J. Johnson, L. Regayre, D. Spracklen, G. Mann, A. Clarke, M. Hermann, S. Henning, H. Wex, T. Kristensen, W. Leitch, U. Poeschl, D. Rose, M. Andreae, J. Schmale, Y. Kondo, N. Oshima, J. Schwarz, A. Nenes, B. Anderson, G. Roberts, J. Snider, C. Leck, P. Quinn, X. Chi, A. Ding, J. Jimenez, and Q. Zhang, The Global Aerosol Synthesis and Science Project (GASSP): Measurements and Modeling to Reduce Uncertainty, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 査読有, 98, 2017, 1857-1877, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00317.1>.
- 7) Yumimoto, K., Tanaka, T. Y., Oshima, N., and Maki, T., JRAero: the Japanese Reanalysis for Aerosol v1.0, *Geosci. Model Dev.*, 査読有, 10, 2017, 3225-3253, <https://doi.org/10.5194/gmd-10-3225-2017>. (**Highlight articles**)
- 8) Miyakawa, T., Oshima, N., Taketani, F., Komazaki, Y., Yoshino, A., Takami, A., Kondo, Y., and Kanaya, Y., Alteration of the size distributions and mixing states of black carbon through transport in the boundary layer in east Asia, *Atmos. Chem. Phys.*, 査読有, 17, 2017, 5851-5864, <https://doi.org/10.5194/acp-17-5851-2017>.
- 9) Yabu, S., T. Y. Tanaka, and N. Oshima, Development of a multi-species aerosol-radiation scheme in JMA's global model, CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling/WMO, 査読無, 47, 2017, 4.15-4.16.
- 10) Kawai, H., S. Yukimoto, T. Koshiro, N. Oshima, T. Tanaka, and H. Yoshimura, Improved Representation of Clouds in Climate Model MRI-ESM2. CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling/WMO, 査読無, 47, 2017, 7.07-7.08.
- 11) Kunio Kaiho, Naga Oshima, Kouji Adachi, Yukimasa Adachi, Takuya Mizukami, Megumu Fujibayashi, Ryosuke Saito, Global climate change driven by soot at the K-Pg boundary

as the cause of the mass extinction, *Sci. Rep.*, 査読有, 6, 2016, 28427; doi: 10.1038/srep28427. **(Research highlights)**

- 12) Kondo, Y., N. Moteki, N. Oshima, S. Ohata, M. Koike, Y. Shibano, N. Takegawa, and K. Kita, Effects of wet deposition on the abundance and size distribution of black carbon in East Asia, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 査読有, 121, 2016, 4691-4712, doi:10.1002/2015JD024479.
- 13) 佐藤圭、江波進一、藤谷雄二、古山昭子、伏見暁洋、猪俣敏、桑田幹哲、持田陸宏、森野悠、中山智喜、大島長、坂本陽介、高見昭憲、上田佳代、吉野彩子、白岩学、JSPS-DFG セミナー「大気エアロゾルの物理化学特性ならびにその大気質および健康への影響」参加報告、*エアロゾル研究*、査読無、31(1)、2016、59-62.
- 14) 佐藤圭、江波進一、藤谷雄二、古山昭子、伏見暁洋、猪俣敏、桑田幹哲、持田陸宏、森野悠、中山智喜、大島長、坂本陽介、高見昭憲、上田佳代、吉野彩子、白岩学、JSPS-DFG セミナー「大気エアロゾルの物理化学特性ならびにその大気質および健康への影響」の参加報告、*大気化学研究*、査読有、34、2016、41-43.
- 15) Takegawa, N., N. Moteki, N. Oshima, M. Koike, K. Kita, A. Shimizu, N. Sugimoto, and Y. Kondo, Variability of aerosol particle number concentrations observed over the western Pacific in the spring of 2009, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 査読有, 119, 2014, 13,474-13,488, doi:10.1002/2014JD022014.
- 16) Samset, B. H., G. Myhre, A. Herber, Y. Kondo, S.-M. Li, N. Moteki, M. Koike, N. Oshima, J. P. Schwarz, Y. Balkanski, S. E. Bauer, N. Bellouin, T. K. Berntsen, H. Bian, M. Chin, T. Diehl, R. C. Easter, S. J. Ghan, T. Iversen, A. Kirkevåg, J.-F. Lamarque, G. Lin, X. Liu, J. E. Penner, M. Schulz, Ø. Seland, R. B. Skeie, P. Stier, T. Takemura, K. Tsigaridis, and K. Zhang, Modelled black carbon radiative forcing and atmospheric lifetime in AeroCom Phase II constrained by aircraft observations, *Atmos. Chem. Phys.*, 査読有, 14, 2014, 12465-12477, doi:10.5194/acp-14-12465-2014.
- 17) Mori, T., Y. Kondo, S. Ohata, N. Moteki, H. Matsui, N. Oshima, and A. Iwasaki, Wet deposition of black carbon at a remote site in the East China Sea, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 査読有, 119, 2014, 10,485-10,498, doi:10.1002/2014JD022103.

〔学会発表〕(計 20 件)

- 1) Naga Oshima, Kunio Kaiho, Kouji Adachi, Yukimasa Adachi, Takuya Mizukami, Megumu Fujibayashi, and Ryosuke Saito, Global climate change driven by soot ejection following the asteroid impact as the cause of the extinction of the dinosaurs, 2018 AGU fall meeting, Washington, DC, USA, Poster, 2018.
- 2) Naga Oshima and Makoto Koike, Evaluation of black carbon in the Arctic using a MRI Earth System Model, AMAP short-lived climate forcers (SLCF) expert group meeting, Bologna, Italy, Oral, 2018.
- 3) 大島長、田中泰宙、神代剛、保坂征宏、吉村裕正、出牛真、川合秀明、行本誠史、青木輝夫、飯塚芳徳、東久美子、近藤豊、小池真、気象研究所地球システムモデルによる北極域におけるブラックカーボンの評価、日本気象学会 2018 年度秋季大会、仙台、口頭、2018
- 4) Naga Oshima, Taichu Y. Tanaka, Tsuyoshi Koshiro, Hiromasa Yoshimura, Hideaki Kawai, Rei Kudo, Makoto Deushi, Seiji Yukimoto, and Makoto Koike, Development of the MRI-ESM2 and evaluations of spatial distributions and radiative effects of black carbon, iCACGP-IGAC 2018, Takamatsu, Japan, Poster, 2018.
- 5) N. Oshima and K. Kaiho, Global climate change driven by soot ejection following the asteroid impact as the cause of the extinction of the dinosaurs, Asia Oceania Geosciences Society 15th Annual Meeting (AOGS2018), Honolulu, USA, Oral, 2018. **招待講演**
- 6) 大島長、庭野匡思、青木輝夫、保坂征宏、田中泰宙、神代剛、吉村裕正、行本誠史、東久美子、近藤豊、小池真、気象研究所地球システムモデルによる北極域におけるブラックカーボンの放射影響評価、日本気象学会 2018 年度春季大会、つくば、口頭、2018.
- 7) 大島長、海保邦夫、足立光司、足立恭将、水上拓也、藤林恵、齊藤諒介、小惑星衝突により発生したすすによる気候変動-恐竜などの大量絶滅の可能性-、日本気象学会 2018 年度春季大会、つくば、口頭、2018.
- 8) N. Oshima and M. Koike, Modeling studies of black carbon using a MRI Earth System Model, AMAP short-lived climate forcers (SLCF) expert group meeting, Helsinki, Finland, Oral, 2018.
- 9) 大島長、田中泰宙、神代剛、吉村裕正、川合秀明、工藤玲、行本誠史、出牛真、小池真、気象研究所地球システムモデルの開発とブラックカーボンの空間分布と放射効果の評価、日本気象学会 2017 年度春季大会、代々木、口頭、2017.
- 10) 大島長、田中泰宙、神代剛、吉村裕正、川合秀明、工藤玲、行本誠史、出牛真、小池真、気象研究所地球システムモデルによるブラックカーボンの空間分布と放射効果、日本地球惑星科学連合 2017 年大会、千葉、口頭、2017.

- 11) 大島長、海保邦夫、足立光司、足立恭将、水上拓也、藤林 恵、齊藤諒介、小惑星衝突により発生したすすによる気候変動 -恐竜などの大量絶滅の可能性-、第 22 回大気化学討論会、札幌、口頭、2016.
- 12) N. Oshima, T. Y. Tanaka, T. Koshiro, H. Kawai, M. Deushi, and M. Koike, Black carbon aging and its impact on the spatial distribution and radiative forcing using a MRI global climate model, EAC 2016, Tours, France, Poster, 2016.
- 13) N. Oshima, T. Y. Tanaka, T. Koshiro, H. Kawai, M. Deushi, and M. Koike, Aging processes of black carbon and its impact on the global-scale radiative forcing, Goldschmidt 2016, Yokohama, Japan, Oral, 2016.
- 14) Naga Oshima, Aging of black carbon and its impact on the spatial distribution and radiative effect using a MRI global model, JSPS-DFG Workshop on Aerosols, Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany, Oral, 2015.
- 15) Naga Oshima, Taichu Y. Tanaka, Tsuyoshi Koshiro, Hideaki Kawai, Makoto Deushi, Mizuo Kajino, and Makoto Koike, Impact of the micro-scale aging process of black carbon on its global-scale spatial distribution and radiative effect, The 13th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality (ASAAQ13), Kobe, Japan, Oral, 2015.
- 16) Naga Oshima, Taichu Y. Tanaka, Tsuyoshi Koshiro, Hideaki Kawai, Makoto Deushi, Makoto Koike, and Yutaka Kondo, Impact of black carbon aging on its spatial distribution and radiative effect using a MRI global aerosol model, 14th AeroCom Workshop, Rome, Italy, Poster, 2015.
- 17) 大島長、田中泰宙、神代剛、川合秀明、出牛真、小池真、茂木信宏、近藤豊、ブラックカーボンの変質過程が全球規模のその空間分布と放射効果に及ぼす影響、日本地球惑星科学連合 2015 年大会、千葉、口頭、2015.
- 18) 大島長、田中泰宙、神代剛、川合秀明、出牛真、小池真、茂木信宏、近藤豊、全球モデルによるブラックカーボンの変質過程とその空間分布と放射効果への影響、日本気象学会 2015 年度春季大会、つくば、口頭、2015
- 19) Naga Oshima, Makoto Koike, Yutaka Kondo, Hisashi Nakamura, Nobuhiro Moteki, Hitoshi Matsui, Nobuyuki Takegawa, and Kazuyuki Kita, Vertical transport and removal of black carbon over East Asia in spring during the A-FORCE aircraft campaign, 2014 AGU fall meeting, San Francisco, USA, Poster, 2014.
- 20) 大島長、田中泰宙、小池真、茂木信宏、近藤豊、ミクロから全球スケールまでのブラックカーボンのモデル研究、第 31 回エアロゾル科学・技術研究討論会、つくば、口頭、2014.
招待講演

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 / マスコミ等による報道等

iCACGP-IGAC2018 国際会議・サイエンスカフェ (2018) 明日授業で使いたくなる大気化学の話 5-5)の論文成果: ニューヨークタイムズ、ワシントンポスト、朝日新聞、NHK 等 (計 80 件以上)

5-5)の論文成果: 東北大学との共同プレスリリース (2017 年 11 月 10 日)

5-7)の論文成果: 九州大学との共同プレスリリース (2017 年 9 月 4 日)

5-11)の論文成果: ガーディアン、タイム、日本経済新聞、BBC 等 (計 60 件以上)

5-11)の論文成果: 東北大学との共同プレスリリース (2016 年 7 月 14 日)

6. 研究組織

(1)研究分担者 なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名: 神代 剛

ローマ字氏名: Koshiro, Tsuyoshi

研究協力者氏名: 川合 秀明

ローマ字氏名: Kawai, Hideaki

研究協力者氏名: 出牛 真

ローマ字氏名: Deushi, Makoto