

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04240

研究課題名（和文）アジア大陸起源のブラックおよびブラウンカーボン粒子が下流域の放射収支に及ぼす影響

研究課題名（英文）Influence of black and brown carbon particles on radiation balance in Asian continental outflow region

研究代表者

中山 智喜（Nakayama, Tomoki）

長崎大学・水産・環境科学総合研究科（環境）・准教授

研究者番号：40377784

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：アジア大陸下流域での小型計測器によるPM2.5の多地点観測により、越境輸送イベント時の空気塊の輸送過程を明らかにした。また、長崎での観測により、越境輸送時の変質で厚く被覆されたブラックカーボン含有粒子の割合が増加するほど、粒子の光吸収性が増加することがわかった。また、越境輸送イベント時にブラウンカーボンの光吸収が無視できない寄与を持つことが示唆された。さらに、長崎における水溶性有機炭素の光吸収に越境輸送された人為起源二次有機エアロゾルと国内起源のバイオマス燃焼起源粒子の両方が重要な寄与を持つことがわかった。加えて、粒子の光吸収性に寄与しうるイミダゾール化合物等の動態と発生源を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ブラックカーボンやブラウンカーボンなどの光吸収性エアロゾルは、地球大気放射収支や光化学過程を変化させることで、気候変動や環境変動に重要な影響を及ぼしていると考えられ、その実態の解明や将来予測のための基礎データの取得は、社会的にも重要であるが、実大気中での光学特性については未解明な点が多かった。本研究により、重要な人為起源エアロゾルの発生源であるアジア大陸の下流域における光吸収性エアロゾルの光学特性の実態と変動要因に関する詳細な知見が得られたことで、地域規模や地球規模の気候変動や環境変動に光吸収性エアロゾルが及ぼす影響の理解や精度の高いモデルの構築につながると期待される。

研究成果の概要（英文）：Based on multi-points observation of PM2.5 using low-cost sensors in Asian outflow region, transport processes of PM2.5 during transboundary air pollution events were examined. From the continuous observations of aerosol properties at Nagasaki, it was found that light absorption of black carbon increased with increasing fraction of thickly-coated black carbon particles due to aging during transportation and that brown carbon particles had significant contribution to total light absorption at shorter-visible wavelengths during transboundary air pollution events. Light absorption of water-soluble organic carbon was found to be mainly controlled by anthropogenic secondary organic aerosol particles transported from Asian continent and biomass burning particles emitted mainly in Japan. In addition, behaviors and sources of chromophores such as imidazole compounds in PM2.5 reached to Nagasaki have been clarified.

研究分野：環境動態解析

キーワード：環境変動 気候変動 環境分析

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

大気中に存在するエアロゾル粒子は、太陽光を吸収もしくは散乱することにより、地球大気を加熱もしくは冷却し、気候変動に寄与するとともに、紫外光により駆動されるオゾン生成や OH ラジカル生成の速度を変化させ、大気環境に多大な影響を及ぼしている。特に東アジアなど大規模な排出源の近傍では、代表的な光吸収性粒子であるブラックカーボン(BC)粒子が大きな大気加熱効果を有すると考えられる。BCは、排出源からの輸送途中の変質(Aging)により、有機物や無機塩に被覆されると、被覆物がレンズとして働く「レンズ効果」により光吸収が増加する可能性もある。また近年、短波長可視から紫外領域に光吸収性を有する有機炭素成分を含むブラウンカーボン(BrC)が存在し(図1)、放射収支や光化学反応に重要な寄与を及ぼしている可能性が指摘されている。BrCの排出源として、バイオマスや石炭の燃焼起源粒子や、人為起源の揮発性有機化合物(VOC)である芳香族炭化水素類が大気中で酸化され生成する二次有機エアロゾル(SOA)、主に植物起源 VOC から生成するカルボニル化合物が水分を含む粒子中でアンモニウムイオン等と反応して生成する SOA などが提案されている。しかしながら、アジア大陸の下流域における BC や BrC の光吸収特性の詳細については未解明な点が多かった。

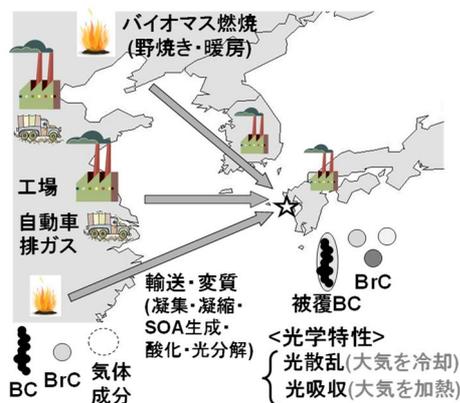


図1. 東アジア下流域における BC および BrC の概念図

2. 研究の目的

このような背景を踏まえ、本研究では、東アジアの大規模排出源の下流域における観測研究により、エアロゾル粒子の越境輸送過程に関する知見を得るとともに、光吸収性エアロゾル粒子の排出源や生成源、輸送中の変質過程の変化がエアロゾルの混合状態や化学成分の変化を通して、エアロゾル光学特性をどのように変化させるかを明らかにすることを目指した。

3. 研究の方法

アジア大陸下流域の離島(濟州島、対馬、福江島)および長崎県の本土地域(長崎市、大村市など)において、小型計測器による PM_{2.5} 重量濃度の通年連続観測を実施し、PM_{2.5} の越境輸送イベント時の輸送過程について調べた。また、長崎大学文教キャンパスにおいて各種大気微量気体成分やエアロゾルの光学特性(光吸収係数および散乱係数の波長依存性)および BC 粒子の混合形態の連続観測を実施し、エアロゾル光学特性の変動や光学特性の決定要因について調べた。さらに、季節毎に PM_{2.5} のフィルター捕集を実施し、捕集した粒子に含まれるイミダゾール化合物などの光吸収性有機成分や、発生源の指標となる有機トレーサ成分の分析を行った。加えて、水溶性有機炭素成分の光吸収スペクトルの測定を実施し、有機トレーサ成分の濃度変動と比較することで、その発生源について調べた。

4. 研究成果

(1) アジア大陸からの越境輸送過程の解明

アジア大陸下流域で実施した小型計測器による PM_{2.5} 重量濃度の多地点観測のデータを解析することで、PM_{2.5} の輸送過程について調べた。小型計測器の時間分解能は数分程度と非常に高いことから、輸送過程の解析に適している。濟州島において 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過し、かつ、福江島と対馬において 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した 44 の高濃度イベントについて、各観測地点における空気塊の到達時刻の違いを解析することで輸送速度と方向を決定したところ、高濃度 PM_{2.5} を含む空気塊は、主に北北西から南南東に時速 30~40 km で輸送されることが多いことがわかった。一方で、高濃度イベント発生時の気圧配置により、輸送速度や方向が変化することが示唆された。

(2) レーザー分光法による BC および BrC の光学特性の連続観測

2020年4月~2021年6月に光音響分光法を用いた PM_{2.5} の波長 405, 532, および 781 nm における光吸収係数の通年連続観測を実施した。その結果、光吸収係数は、特に秋季から冬季には、交通ラッシュ時に最大となる明瞭な日内変動を示したことから、時間帯によっては長崎内の発生源の寄与が卓越することがわかった(図2)。また、主に冬季から春季には、越境大気汚染の流入時に光吸収係数が増加した(図3)。また、2020年12月~2021年1月には、光学特性の観測と同時に、レーザー誘起白熱法を用いた BC 粒子の混合形態(被覆の程度など)の観測を実施した。PM_{2.5} 重量濃度の観測データや後方流跡線解析の結果から、この期間のうち、アジア大陸からの越境輸送が卓越していたと考えられる 10 のイベントを抽出し、BC 粒子の被覆の程度と単位質量当たりの光吸収係数である質量吸収断面積(MAC)(m^2/g)の関係について調べた。その結果、BrC による吸収が無視できると考えられる波長 781 nm の MAC は、被覆が厚い BC の割合が高いイ

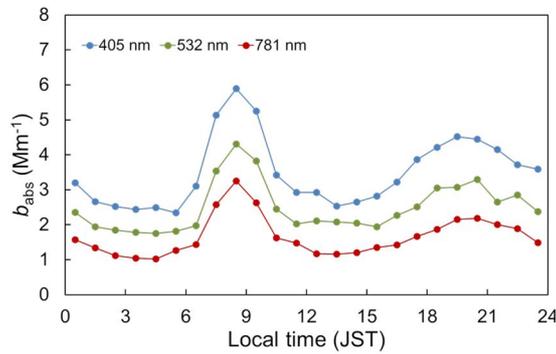


図 2. 2020 年 12 月に長崎大学で観測された波長 405nm 532, 781 nm におけるエアロゾル光吸収係数の平均日内変動

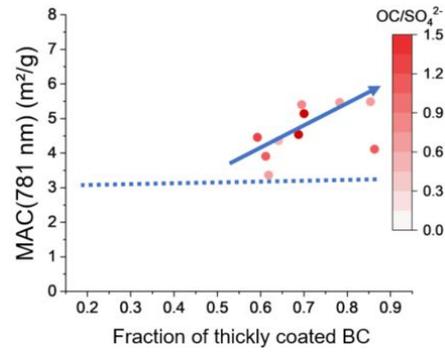


図 3. 2020 年 12 月～1 月の越境輸送イベント時に観測された波長 781 nm における質量吸収断面面積と、被覆の厚い BC 粒子の割合の関係

イベントほど大きく、長距離輸送中の Aging の度合いが大きい場合、光吸収がレンズ効果により最大で 1.4～1.5 倍程度増加することがわかった(図 3)。また、レンズ効果による光吸収の増大は、有機炭素と硫酸塩の比率などの化学成分の変動に大きくは依存しないことがわかった(図 3)。さらに、これらの越境輸送イベントについて、波長 405 nm における PM_{2.5} の全光吸収量に占める BrC による光吸収の寄与率を算出したところ、平均で 30% 程度の寄与率を有すると推定された。

(3) 水溶性有機炭素の光吸収と化学成分の関係

長崎大学において 2019 年 11 月～2021 年 1 月の各季節に PM_{2.5} を捕集し、水溶性有機炭素成分の波長 365 nm における光吸収係数と化学成分の関係について調べた。その結果、特に冬季には、越境汚染気塊の流入時に、主に石炭燃焼起源であると考えられる硫酸塩や人為起源 SOA の指標成分であるフタル酸の濃度の増加とともに光吸収係数が増加することがわかった(図 4)。また、国内起源の空気塊が到達したと考えられた期間には、バイオマス燃焼の指標成分であるレボグルコサンが増加した際に光吸収係数の増加がみられた(図 4)。一方、交通ラッシュ時の光吸収係数の増加は見られなかった。そのため、この期間には、長崎における水溶性有機炭素成分の光吸収性の決定に、越境輸送された人為起源 SOA と主に国内起源のバイオマス燃焼起源粒子の両方が重要な寄与を有していたことが示唆された。また、各発生源の寄与率は季節とともに大きく変動することが判明した。

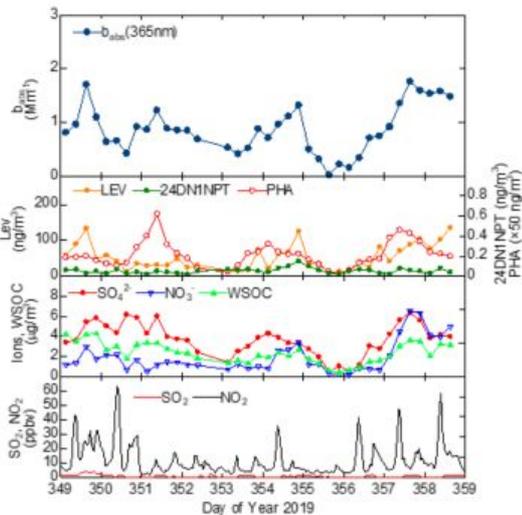


図 4. 2019 年 12 月に捕集した PM_{2.5} 中の水溶性有機炭素成分の波長 365 nm における光吸収係数(1 段目)、有機トレーサおよび主要有機成分の濃度(2 および 3 段目)、気相の SO₂ および NO₂ の濃度(4 段目)の時系列変動

(4) BrC の光吸収性に寄与する化学成分の動態

長崎大学において季節ごとに捕集した PM_{2.5} サンプルについて、BrC の光吸収性に寄与するイミダゾール化合物やニトロ芳香族化合物を、液体クロマトグラフィー質量分析計を用いて定量した。図 5 に示した 7 種類のイミダゾールの濃度変動と、有機トレーサ成分の濃度変動を比較したところ、4-メチルイミダゾール(4MI)や 2,4-ジメチルイミダゾール(2,4-DMI)は、特に秋季にバイオマス燃焼の寄与が大きかったのに対し、カルボキシル基を含む化合物(1M5ICA, 1M4ICA)は、夏季に二次生成の寄与が大きくなるなど、化学種や季節により、主要な発生源が異なることが判明した。

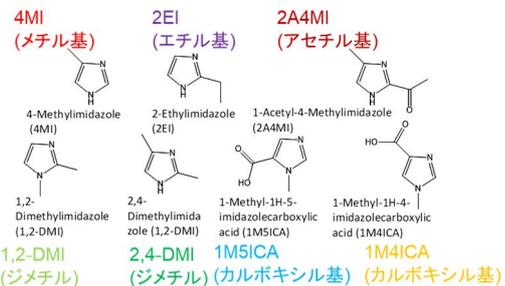


図 5. 動態解析を行ったイミダゾール化合物の名称と化学構造

本研究の成果により、アジア大陸下流域における BC や BrC の光学特性の変動やその要因に関する詳細な知見が新たに得られたことで、地域規模や地球規模の気候変動や環境変動に光吸収性エアロゾルが及ぼす影響の理解や精度の高いモデルの構築につながると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 M. Nakagawa, T. Nakayama, H. Sasago, Y. Kuruma, H. Yai, S. Ogawa, Y. Deng, M. Mochida, Y. Matsumi	4. 巻 20
2. 論文標題 Assessment of the sphericity characteristics of submicron particles using a single-particle polar nephelometer at an urban site in Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Aerosol and Air Quality Research	6. 最初と最後の頁 1474-1484
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4209/aaqr.2020.01.0023	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 B. -T. Ly, Y. Matsumi, T. V.Vu, K. Sekiguchi, N. T. T. Thuy, P. C. Thuy, T. -D. Nghiem, I. -H. Ngo, Y. Kurotsuchi, N. T. T. Hien, T. Nakayama	4. 巻 152
2. 論文標題 The effects of meteorological conditions and long-range transport on PM2.5 levels in Hanoi revealed from multi-site measurement using compact sensors and machine learning approach	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Aerosol Science	6. 最初と最後の頁 105716
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jaerosci.2020.105716	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 F. Ikemori, T. Nakayama, H. Hasegawa	4. 巻 211
2. 論文標題 Characterization and possible sources of nitrated mono- and di-aromatic hydrocarbons containing hydroxyl and/or carboxyl functional groups in ambient particles in Nagoya, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheric Environment	6. 最初と最後の頁 91 ~ 102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.atmosenv.2019.05.009	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 Y. Takao, T. Atarashi, T. Kubo, M. Nagae, T. Nakayama	4. 巻 13
2. 論文標題 Quantification of Imidazole Compounds in Ambient Aerosols at Suburban and Forest Sites in Western Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Asian Journal of Atmospheric Environment	6. 最初と最後の頁 259 ~ 265
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5572/ajae.2019.13.4.259	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 中山智喜	4. 巻 24
2. 論文標題 大気エアロゾル粒子の光学特性の計測	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地球環境	6. 最初と最後の頁 63-74
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 松見豊, 中山智喜	4. 巻 24
2. 論文標題 小型環境計測器が開く新しい大気環境科学	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地球環境	6. 最初と最後の頁 93-104
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 中山智喜, 松見豊	4. 巻 575
2. 論文標題 大気汚染 - 小型センサーの基礎と応用 -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ぶんせき	6. 最初と最後の頁 492-497
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 無
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 A. Damiani, H. Irie, K. Yamaguchi, H. M. S. Hoque, T. Nakayama, Y. Matsumi, Y. Kondo, A. Da Silva	4. 巻 13
2. 論文標題 Variabilities in PM2.5 and black carbon surface concentrations reproduced by aerosol optical properties estimated by in-situ data, ground based remote sensing and modeling	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 3163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs13163163	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 T. Singh, Y. Matsumi, T. Nakayama, S. Hayashida	4. 巻 6
2. 論文標題 Establishing an air quality monitoring network in Northern India: Challenges in deployment and its maintenance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Aakash News Letter	6. 最初と最後の頁 1-6
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 無
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 A. Chauhan, R. P. Singh, Y. Matsumi, S. Hayashida, T. Nakayama, S. K. Gupta, D. P. Shukla	4. 巻 22091898
2. 論文標題 Variability of the particulate matter concentration in the northern parts of India using low-cost sensors	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IGARSS 2022, IEEE Xplore	6. 最初と最後の頁 6686-6689
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IGARSS46834.2022.9884246	査読の有無 無
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 松見豊, 中山智喜	4. 巻 30
2. 論文標題 小型環境計測器が大気科学や社会に与えるインパクト	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 クリーンテクノロジー	6. 最初と最後の頁 23-28
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 無
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 大橋勝文, 中山智喜	4. 巻 37
2. 論文標題 ひまわり8号の画像解析による桜島噴火後の火山灰追尾	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 エアロゾル研究	6. 最初と最後の頁 57-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11203/jar.37.57	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 Y. Morino, Y. Li, Y. Fujitani, K. Sato, S. Inomata, K. Tanabe, S. H. Jathar, Y. Kondo, T. Nakayama, A. Fushimi, A. Takami, S. Kobayashi	4. 巻 2
2. 論文標題 Secondary organic aerosol formation from gasoline and diesel vehicle exhaust under light and dark conditions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Environmental Science: Atmosphere	6. 最初と最後の頁 46-64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1EA00045D	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 J. Singh, N. Singh, N. Ojha, A. K. Srivastava, D. S. Bisht, K. Rajeev, N. V. P. K. Kumar, R. S. Singh, V. Panwar, S. K. Dhaka, V. Kumar, T. Nakayama, Y. Matsumi, S. Hayoshida, A. P. Dimri	4. 巻 9
2. 論文標題 Genesis of a severe dust storm over the Indian subcontinent: dynamics and impacts	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Earth Space Science	6. 最初と最後の頁 e2021EA001702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021EA001702	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 S. Ramasamy, T. Nakayama, Y. Morino, T. Imamura, Y. Kajii, K. Sato	4. 巻 X9
2. 論文標題 Nitrate radical, ozone and hydroxyl radical initiated aging of limonene secondary organic aerosol	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Atmospheric Environment	6. 最初と最後の頁 100102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aeaoa.2021.100102	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 M. Takigawa, P. K. Patra, Y. Matsumi, S. K. Dhaka, T. Nakayama, K. Yamaji, M. Kajino, S. Hayashida	4. 巻 16
2. 論文標題 Delhi's pollution be affected by crop fires in the Punjab region?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 86-91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2020-015	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 S. Ramasamy, T. Nakayama, T. Imamura, Y. Morino, Y. Kajii, K. Sato	4. 巻 219
2. 論文標題 Investigation of dark condition nitrate radical- and ozone-initiated aging of toluene secondary organic aerosol: Importance of nitrate radical reactions with phenolic products	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheric Environment	6. 最初と最後の頁 117049
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.atmosenv.2019.117049	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 S. K. Dhaka, C. Dang, V. Kumar, V. Panwar, A. P. Dimri, N. Singh, P. K. Patra, Y. Matsumi, M. Takigawa, T. Nakayama, K. Yamaji, M. Kajino, P. Misra, S. Hayashida	4. 巻 10
2. 論文標題 PM2.5 diminution and haze events over Delhi during the COVID-19 lockdown period: An interplay between the baseline pollution and meteorology	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 13442
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-70179-8	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 Chetna, S. K. Dhaka, G. Longiany, V. Panwar, V. Kumar, S. Malik, N. Singh, A.P. Dimri, Y. Matsumi, T. Nakayama, S. Hayashida	4. 巻 5
2. 論文標題 Trends and variability of PM2.5 at different time scales over Delhi: Long-term analysis 2007-2021	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Aerosol and Air Quality Research	6. 最初と最後の頁 220191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4209/aaqr.220191	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28件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 池盛文数, 中山智喜, 新 拓実, 前田卓磨, 長谷川瞳
2. 発表標題 名古屋と長崎におけるPM2.5中ニトロ芳香族炭化水素類の特徴
3. 学会等名 第37回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 新拓実, 池盛文数, 前田卓磨, 高尾雄二, 中山智喜
2. 発表標題 有機レーザーとの比較による長崎における秋季・冬季の 粒子中イミダゾール化合物の起源推定
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 中山智喜
2. 発表標題 長崎および途上国における小型の PM2.5・ガスセンサを用いた大気環境研究
3. 学会等名 長崎大学/地球研/国環研によるプラネタリーヘルスに関するシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中山智喜
2. 発表標題 大気エアロゾルの生成と特性
3. 学会等名 第8回イオン移動度研究会/第72回イオン反応研究会合同講演会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山智喜
2. 発表標題 レーザー分光法を用いた大気エアロゾル粒子の光学特性の実験および観測研究
3. 学会等名 第79回分析化学討論会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鐘ヶ江健太、山崎高幸、岡本渉、松見豊、中山智喜
2. 発表標題 PM2.5モバイル計測器の性能評価と国道1号線および長崎大学周辺での測定
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 池盛文数、中山智喜、長谷川瞳、森野悠、佐藤圭、Sathiyamurthi Ramasamy、伏見暁洋
2. 発表標題 二トロ芳香族炭化水素類の大気観測と人為起源二次有機エアロゾルマーカとしての有効性評価
3. 学会等名 第60回大気環境学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新拓実、中山智喜、久保隆、長江真樹、高尾雄二
2. 発表標題 長崎における大気エアロゾル中のイミダゾール類の分析
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 Tomoki Nakayama, Iq Mead
2. 発表標題 Low-cost sensors: Principle, assessment, advancement, and applications
3. 学会等名 IGAC MANGO Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新拓実、中山智喜、久保隆、長江真樹、高尾雄二
2. 発表標題 長崎における大気エアロゾル中のイミダゾール類の分析
3. 学会等名 第16回エアロゾル学会若手フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Kanegae, T. Yamasaki, W. Okamoto, Y. Matsumi, T. Nakayama
2. 発表標題 Validation of a low-cost mobile PM2.5 sensor and application to the measurements along the Japan National Route 1
3. 学会等名 IGAC 2021conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A. Damiani, H. Irie, K. Yamaguchi, H. M. S. Hoque, T. Nakayama, Y. Matsumi, Y. Kondo
2. 発表標題 Exploring ground-based aerosol optical properties to improve satellite estimates of surface particulate matter concentrations
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Nakayama, K. Sato, S. Ramasamy, T. Imamura, Y. Kajii, Y. Matsumi
2. 発表標題 Impact of nighttime aging on optical properties of toluene secondary organic aerosol
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池盛文数、中山智喜、長谷川瞳、山神真紀子、久恒邦
2. 発表標題 名古屋市におけるニトロ芳香族炭化水素類の発生源解析
3. 学会等名 第38回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鐘ヶ江健太、中山智喜
2. 発表標題 小型センサを用いた長崎「精霊流し」行事に伴うPM2.5 の時空間変動の測定
3. 学会等名 第38回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松見豊、中山智喜、林田 佐智子、上田佳代、安富 奈津子、荒木晶、山崎高幸、岡本渉、高見昭憲、藤谷雄二、入江仁士
2. 発表標題 遠隔地で多点展開が可能なPM2.5、O _x 、CO、NO _x などの大気汚染物質の超小型でローコストな計測装置の開発
3. 学会等名 第60回大気環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 海塚収英、入江仁士、高村民雄、中山智喜、竹村俊彦、弓本桂也、山本浩万
2. 発表標題 日本4地点における地上リモートセンシングで得られたエアロゾル光学特性による地表付近PM2.5、BC濃度の変動解析
3. 学会等名 第26回大気化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Nakayama, R. Harada, T. Maeda, T. Arakaki, H. Yamada, F. Ikemori, K. Tsuboki
2. 発表標題 Observation of plume of Nishinoshima volcano eruption on August 2020 at Okinawa and Nagasaki, Japan
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Kaizuka, H. Irie, A. Damiani, T. Takamura, Y. Kanaya, T. Nakayama
2. 発表標題 Relationships of PM 2.5 and BC mass concentration with their optical properties from simultaneous observation by Sky radiometer and MAX DOAS at Chiba and Fukue in 2019-2020
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 池盛文数, 中山智喜, 佐藤圭, 齊藤伸治, 長谷川瞳, 菅田誠治
2. 発表標題 名古屋市における夏季の有機トレーサー成分の時間変動
3. 学会等名 第39回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中山智喜
2. 発表標題 気候影響の理解を目指した炭素質エアロゾルの光学特性の研究
3. 学会等名 第63回大気環境学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中山智喜、原田龍、前田卓磨、新垣雄光、山田広幸、池盛文数、坪木和久
2. 発表標題 2020年夏季に沖縄および長崎に飛来した西之島火山起源の粒子の物理化学特性
3. 学会等名 第63回大気環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Kaizuka, H. Irie, A. Damiani, T. Takamura, Y. Kanaya, T. Nakayama
2. 発表標題 Relationships of PM2.5 and BC mass concentrations with optical properties derived from simultaneous Skyradiometer/MAX-DOAS observations: From continuous observations at Chiba and Fukue in 2019-2020
3. 学会等名 AGU fall meeting 2022 (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Nakayama
2. 発表標題 Observation of physico-chemical properties of aerosol particles at Nagasaki in western Japan
3. 学会等名 7th International Symposium of Environmental Health (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Matsumi, T. Nakayama
2. 発表標題 Various applications of compact atmospheric sensors for pollutants
3. 学会等名 Aakash 2023 workshop Delhi (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Nakayama
2. 発表標題 Atmospheric environmental research in Nagasaki and developing countries
3. 学会等名 Mahidol University - Nagasaki University symposium 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中山智喜
2. 発表標題 エアロゾル光学特性の研究 に関するトピックス紹介
3. 学会等名 第2回エアロゾル学会若手会基礎講習会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Nakayama, R. Harada, Y. Ueno, T. Maeda, F. Ikemori
2. 発表標題 Two-year continuous observation of gaseous ammonia at Nagasaki in western Japan: Impacts of long-range transport, local sources, and volcanic activities
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 T. Nakayama, W. Zhao, W. Zhang	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 618
3. 書名 Advances in Spectroscopic Monitoring of the Atmosphere (Chapter 7 - Measurements of aerosol optical properties using spectroscopic techniques)	

1. 著者名 河本和明、中山智喜	4. 発行年 2023年
2. 出版社 九州大学出版会	5. 総ページ数 190
3. 書名 地域のレジリエンスを高める環境科学(2章: 気候変動のメカニズムと対策)	

1. 著者名 中山智喜、河本和明	4. 発行年 2023年
2. 出版社 九州大学出版会	5. 総ページ数 190
3. 書名 地域のレジリエンスを高める環境科学(3章: 大気汚染のメカニズムと対策)	

〔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	池盛 文数 (Ikemori Fumikazu) (00773756)	金沢大学・環日本海域環境研究センター・連携研究員 (13301)	
研究分担者	定永 靖宗 (Sadanaga Yasuhiro) (70391109)	大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授 (24403)	
研究分担者	竹谷 文一 (Taketani Fumikazu) (50377785)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(地球表層システム研究センター)・主任研究員 (82706)	

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	松見 豊 (Matsumi Yutaka) (30209605)	名古屋大学・宇宙地球環境研究所・研究員 (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	高尾 雄二 (Takao Yuji)		
研究協力者	前田 卓磨 (Maeda Takuma)		

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			
ベトナム	ハノイ理工科大学			
韓国	ソウル国立大学			
インド	デリー大学			