

令和 4 年 6 月 1 日現在

機関番号：82109

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K00533

研究課題名(和文)トレーサー濃度と気象観測値の同時データ同化による移流拡散シミュレーション高精度化

研究課題名(英文) Simultaneous data assimilation of wind velocities and tracer concentrations for plume advection simulation

研究代表者

関山 剛 (SEKIYAMA, Tsuyoshi)

気象庁気象研究所・全球大気海洋研究部・主任研究官

研究者番号：90354498

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：放射性セシウム濃度の分布情報からその濃度の拡散原因となった風速分布を逆推定する「変数局所化データ同化」という技術の開発を目指した。風速分布の逆推定には成功しなかったが、変数局所化を使って風速観測値と濃度観測値を同時にデータ同化すると、濃度分布情報の解析精度が著しく向上することを発見した。また、本研究でのデータ同化計算にあたっては移流拡散シミュレーションの精度向上が急務であったため、移流拡散モデルの研究開発が想定外に進展する副次的成果が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大気汚染物質の濃度情報によって風速分布の推定精度を上げる技術は開発半ばとなったが、データ同化における変数局所化技術の有用性を示すことはできた。この変数局所化技術は気象庁などでの天気予報の基盤技術開発にも有用であろう。また、本研究では変数局所化データ同化によって大気汚染濃度分布の推定精度を大きく上げることに成功した。これは放射性セシウム以外の大気汚染予測サービス(黄砂や光化学スモッグなどの予報)の品質向上にも繋がる貴重な知見である。

研究成果の概要(英文)：We aimed to develop a technique called "variable-localized data assimilation" for inverse estimation of the wind velocity distribution, which caused the radiocesium dispersion, from the distribution of radiocesium concentration. Although the inverse estimation of the wind velocity distribution was not successful, we found that the accuracy of concentration distribution analyses was significantly improved by simultaneously assimilating wind velocity and concentration observation data using variable localization. In addition, since it was urgently needed to improve the accuracy of advection-diffusion simulations for the data assimilation calculations in this study, we obtained a side benefit, in which the development of an advection-diffusion model was unexpectedly progressed.

研究分野：気象学

キーワード：データ同化 数値シミュレーション 気象学 大気化学

1. 研究開始当初の背景

風速・気温・気圧などの観測値と気象予報モデルの計算結果を組み合わせることで数学的に「最も尤もらしい」大気の状態を推定する技術はデータ同化と呼ばれる。また、データ同化によって推定された大気の状態(=気象場)は解析値あるいは格子点値と呼ばれ、天気予報計算の初期値として、あるいは任意の時間と場所の気象状況を示す資料として気象学の発展に寄与してきた。

大気汚染シミュレーションではその気象解析値を入力として利用し、大気微量成分やエアロゾルの化学反応や移流拡散沈着プロセスが計算されている。この場合、気象解析値はいわば天賦のものとして扱われ、現実大気を正確に再現していると仮定される。

しかし、実際には気象解析値にも誤差は含まれ、それが大気汚染シミュレーションの大きな誤差要因となる。高精度な大気汚染シミュレーションを行うには、高精度な大気化学モデルを作るだけでなく高精度な気象解析値を入手することも必要である。そして、正確な気象解析値を作成するための研究はこれまで気象予報の関係者だけが携わる仕事であった。

ではどのようにして気象解析値の高精度化は図られてきたのか。風速・気温・気圧・湿度・大気密度といった大気の状態そのものが十分に観測できていれば、それをデータ同化するだけで事は足りる。しかし、経済的・技術的な要因によって、大気の状態を広範囲・高密度に観測することは極めて難しい。そこで最近では気象場と密接な関係にある物理量(放射輝度・レーダー電波のドップラーシフト・GPS電波の大気遅延量など)を観測してデータ同化し、気象場の推定精度を上げる努力がなされている。そのような「気象場と密接な関係にある物理量」の一つに大気汚染物質(大気微量成分やエアロゾル)の濃度がある。大気汚染物質の濃度分布は気象場、特に風向と風速の分布(=風速場)の影響を強く受けて形成される。したがって、原理的には濃度分布の情報から風速場の逆推定が可能である。

すなわち、これまで気象解析値を一方向的に貰うだけであった大気汚染シミュレーションが、自ら気象解析値の精度を上げるために貢献することが可能だということである。そして、気象解析値の精度が上がれば大気汚染シミュレーションの精度も上がるという正のフィードバックが期待できる。

しかし実際に大気微量成分を風速場のトレーサーとして活用したデータ同化研究の成功例は極めて少ない。オゾン濃度のデータ同化によって成層圏下部から対流圏界面付近に限って風速場精度の向上が僅かに確認されているだけであり、我々の住む対流圏下部においては成功例が皆無と言ってよい。対流圏では大気微量成分やエアロゾルの生成・消滅・輸送・化学反応が相対的に複雑であり、地表面インベントリ(=化学物質の放出場所と量の情報)の誤差影響も大きいからだと考えられる。すなわち対流圏ではトレーサー濃度のモデル予測誤差が大き過ぎて風速場の適切な修正が出来なかったのである。

2. 研究の目的

本研究では大気汚染物質(=風の動きを追跡するトレーサー)の濃度を気象観測値と一緒にデータ同化し、それによる気象解析値の精度向上を立証する。また、その気象解析値を使って移流拡散の計算をやり直すことにより大気汚染物質のシミュレーション精度も向上させる。そのためには、化学的安定性が高く放出源情報の不確定性が小さなトレーサー濃度を風速や気温などと同時にデータ同化する必要がある。逆に言うとそのような条件のトレーサーをモデルシミュレーションする場合、本来的にはデータ同化によって移流拡散計算の精度を上げることができる。このような気象と対流圏物質輸送の統合的な解析は未踏の分野であり、大気汚染予報の技術革新となりうる。

ではそのような条件に合致するトレーサー(大気微量成分あるいはエアロゾル)として何があろうか。第一に挙げられるのは2011年3月の福島第1原子力発電所事故によって大気中に放出された放射性セシウムである。セシウムの放射性崩壊速度は厳密に計算可能であり、化学的状態に依存しない。放出源は点源(=原子炉)として確定しており、放出量の時間変化もすでに比較的良い精度で推定されている。さらに事故当時のセシウム濃度観測データも豊富に入手可能である。本研究ではこの放射性セシウム濃度を気象観測値と同時にデータ同化し、風速場の推定精度向上を通して移流拡散シミュレーションの高精度化を実現することを目的とする。

原発事故汚染のような点源放出では放出源位置の不確定性がゼロであり、そこから流れ出るプルームの同定が容易なため、移流拡散シミュレーションやデータ同化の精度検証作業を単純化できる。それに対して、広い範囲で放出が起きる面源の大気汚染では個々のプルームの分離が困難であり、それゆえ数学的にunderdetermination(=解が一つに定まらない)となる可能性もある。本研究においては点源放出トレーサーのみを検証例とすることによって、『気象観測値と濃度観測値を同時にデータ同化すると(別個にデータ同化した場合に比べて)風速場やプルームの解析精度が向上する』ことを確実に実証する。

3. 研究の方法

(1) データ同化システムの準備

本研究では気象予報モデルとして気象庁非静力学領域気象予報モデル(JMA-NHM)を使う。ト

レーザーの移流拡散化学計算は移流拡散モデル（モジュール）を JMA-NHM に組み込んで行う（以下、この化学輸送計算が可能な気象予報モデルを NHM-Chem と呼ぶ）。気象庁のアンサンブル気象データ同化システム NHM-LETKF に組み込まれている気象予報モデル JMA-NHM をこの気象化学予報モデル NHM-Chem に入れ替える。

(2) 観測データの準備

気象観測値には気象庁現業予報用データセットを利用する。放射性セシウム濃度の観測値は過去の研究で一般公開されているデータセットを利用する。これは環境省大気汚染物質広域監視システムの東日本約 100 地点において自動サンプリングされていた浮遊粒子状物質（SPM）テープフィルタ試料の残留放射線量を計測したもので、各観測地点における原発事故当時の大気セシウム濃度を 1 時間毎の値として復元した貴重な資料である。

(3) 放射性セシウムのデータ同化計算

NHM-Chem の水平解像度を 3km に設定し、山岳地形の再現性を高める（ちなみに 2011 年当時、気象庁の天気予報は 5km 水平解像度の JMA-NHM を使っていたため、通常ルートで入手できる日本国内の気象解析値は全て 5km 解像度であった）。NHM-Chem の側面境界条件には気象庁の全球予報値を用いる。放射性セシウムの時系列放出量は原子力研究開発機構が作成した推定値を用いる。本研究で用いる LETKF のようなアンサンブルデータ同化システムは同化計算の途中で制御変数（＝データ同化によって修正される物理量）同士の相関を自由に変更できる。この制御手法は変数局所化と呼ばれている。例えば物質濃度は風速とは相関を持つが気温や気圧とは相関を持たないと仮定してデータ同化計算を実行することも可能である。本研究では図 1 で示された背景誤差共分散行列の模式図のように、変数局所化実験を含む 4 種類の実験を行い、風速場とプルーム濃度場の精度を検証する。LETKF のアンサンブルメンバー数は 20 個に設定した。

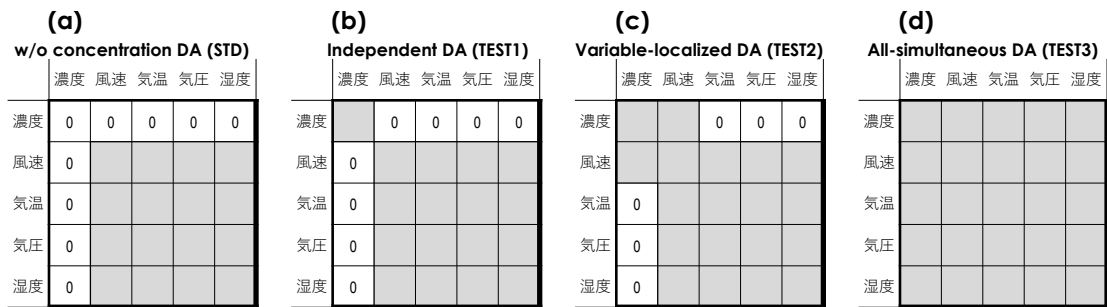


図 1. 各実験における背景誤差共分散行列の模式図。左から (a) 濃度同化無し実験 (STD), (b) 濃度-気象独立同化実験 (TEST1), (c) 変数局所化実験 (TEST2), および (d) 濃度-気象完全同時同化実験 (TEST3)。灰色のセル部分には LETKF が推定した値が入る。白色のセル部分には解析の際に変数間で相関を持たないようにするために 0 の値を入れる。文献①から引用。

4. 研究成果

風速場の検証のため、セシウム濃度観測地点から 3km 以内の AMeDAS 地上風観測地点を選び出し、地上風速（東西風と南北風それぞれ）の観測値とデータ同化結果の比較を行った。濃度観測地点の近傍のみを選んだのは、濃度データ同化による風速場改善の影響を効率よく抽出するためである。しかし残念ながら、実験ごとの違いは明瞭には表れなかった。以下、二乗平均平方根誤差 (RMSE) で比較する。STD 実験と TEST1 実験は風速場にとって同じ実験条件であるため、当然ながらまったく同じ解析誤差 (1.29 m/s) であった。本研究では風速の観測誤差は気象庁の現業システムの設定に倣って一律 2 m/s と設定したので、RMSE がその値と乖離せず僅かに小さな値になったことは良い傾向である。

期待に反して、変数局所化を行った TEST2 実験 (1.31 m/s) は STD 実験よりも僅かではあるがむしろ誤差が大きくなった。一方、変数局所化を一切行わない TEST3 実験は想定どおりサンプリングエラーの影響によって最も大きな誤差となった (1.34 m/s)。ただしそれらと STD 実験との差は 0.02 m/s あるいは 0.05 m/s と大きくはない。とはいえ、Sekiyama et al. (2017; 文献②) によると本研究の STD 実験と同一条件でデータ同化を実施した場合に、地上風解析誤差の変化幅が 0.1 m/s であってもプルーム濃度の解析精度に有意な変化が現れたことが報告されているので、0.05 m/s は無視できる値ではない。

変数局所化実験の TEST2 で STD 実験よりも解析精度が悪化したのは、濃度場と風速場の相関シグナルの大きさを濃度場の予報モデル誤差が上回ってしまったためであろう。次に、濃度場の解析誤差が濃度場風速場同時データ同化によって改善したかどうかを検証する。福島原発事故において関東平野に放射性セシウムが流れ込んだのは 2 回だけであり (3 月 15 日と 21 日)、うち 1 回は降雨による大規模な湿性沈着が起きた。したがって明瞭な放射性セシウムのプルームが観測できたのは 3 月 15 日だけである。その日、放射性セシウムが関東各都市および福島市に到達した時刻 (プルーム到達時刻) を空間線量率観測値と比較した結果を表 1 に示す。

放射性セシウムの濃度分布に関しては、4 つの実験間で明瞭な差が見られた。概略だけ説明す

表 1. 関東・東北 6 地点で比較した放射性セシウム濃度のモデル計算ピーク時刻と空間線量率観測値ピーク時刻の相違（日本時刻 2011 年 3 月 15 日に観測されたプルームによる検証）。

濃度検証地点	観測時刻	STD 実験	TEST1 実験	TEST2 実験	TEST3 実験
つくば市	3/15 08-09	-1 時間	-2 時間	-1 時間	-2 時間
新宿区	3/15 10-11	-1 時間	-2 時間	-1 時間	-2 時間
宇都宮市	3/15 10-11	-1 時間	±0 時間	±0 時間	-1 時間
高崎市	3/15 13-14	-2 時間	-1 時間	-1 時間	-2 時間
茅ヶ崎市	3/15 13-14	-1 時間	-1 時間	-1 時間	-2 時間
福島市	3/15 17-18	+2 時間	+1 時間	+1 時間	+2 時間
ピーク誤差時間絶対値の合計		8 時間	7 時間	5 時間	11 時間

ると、STD 実験だけは北関東で高濃度帯が大きく広がった一方、神奈川県方面への侵入が TEST1, 2, 3 実験に比べて弱かった。ちなみにデータ同化に使った濃度観測値を確認すると、現実大気では神奈川県方面へのプルーム侵入が STD 実験の計算結果よりもかなり強く起こっていた様子が見えがえる。

ところで空間線量率観測値は放射性セシウム濃度データ同化には使えないが、プルームの到達時刻の判別には使える。空間線量率のピーク時刻と放射性セシウム濃度のピーク時刻は一致するためである。表 1 にあるとおり、関東 5 地点及び福島市でのプルーム到達時刻の絶対値誤差の合計は、STD 実験 > TEST1 実験 > TEST2 実験の順で小さくなった。STD 実験は濃度のデータ同化をしていないので誤差が大きくなるのは想定内である。TEST1 実験では濃度単独で同化しながら濃度場が補正され、TEST2 実験では変数局所化で風速場の情報も取り入れながら濃度場を補正している。そのため、このような精度順位になるのは期待したとおりの結果である。

しかし、TEST3 実験は STD 実験よりも絶対値誤差が大きくなった。これは濃度場の誤差やサンプリングエラーを気温場や気圧場が取り込んでしまい、それが力学過程を通じて風速場の解析精度を悪化させたと考えれば説明がつく。風速場の解析誤差が悪化すれば移流拡散計算の精度が低下するので、放射性セシウムのプルーム解析精度すなわち濃度場の悪化がもたらされた。概説したとおり、TEST3 実験の地上風解析精度の悪化はわずか 0.05 m/s であったが、極めて小さな風速場の誤差が大きな濃度場の誤差を作り出す可能性があることは Sekiyama et al. (2017; 文献②) も報告している。濃度場の誤差は風速場誤差の蓄積だからである。

本研究では残念ながら、変数局所化を使っても同時データ同化によって風速場の解析精度を明瞭に向上させることはできなかった。しかし、放射性セシウム濃度の解析精度は変数局所化を使った同時データ同化によって大きく改善することが示された。LETKF（アンサンブルカルマンフィルタの一種）によるデータ同化において、変数局所化を利用するアイデアは極めて独創的である。たとえ風速場の精度向上を果たせなくても、風速場の情報が濃度場の解析精度が大きく向上させられることを示したのは本研究の成果といえる。少なくとも、大気汚染予報のような環境情報サービスには変数局所化を使った風速場-濃度場同時データ同化は極めて有効であることが示されたからである。

また、本研究ではデータ同化の精度向上を目指す過程で、モデル誤差・モデルバイアスを極力排する必要があった。特に気象モデルに比べて誤差の大きい移流拡散モデルの精度向上が急務となり、水平解像度向上や乱流拡散プロセス・物質沈着プロセスなどの計算精度向上を試みることとなった。その結果、移流拡散モデルの大きな性能改善を果たすことができた（その結果は 5 年間で 10 本近い原著論文として出版した）。このような移流拡散モデル開発の進展は当初予想していなかった本研究による副次的な成果である。

<引用文献>

- ① 関山剛, 梶野瑞王 (2022): アンサンブルカルマンフィルタにおける変数局所化を利用した気象場と大気濃度場の同時データ同化, 統計数理研究所-統計数理-, 70(2), in review.
- ② Sekiyama, T. T., M. Kunii, and K. Kajino (2017): The Impact of Surface Wind Data Assimilation on the Predictability of Near-Surface Plume Advection in the Case of the Fukushima Nuclear Accident, J. Meteor. Soc. Japan, 95, 447-454.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計38件（うち査読付論文 35件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 23件）

1. 著者名 Kajino, M., Deushi, M., Sekiyama, T. T., Oshima, N., Yumimoto, K., Tanaka, T. Y., Ching, J., Hashimoto, A., Yamamoto, T., Ikegami, M., Kamada, A., Miyashita, M., Inomata, Y., Shima, S., Khatri, P., Shimizu, A., Irie, H., Adachi, K., Zaizen, Y., Igarashi, Y., Ueda, H., Maki, T., Mikami, M.	4. 巻 14
2. 論文標題 Comparison of three aerosol representations of NHM-Chem (v1.0) for the simulations of air quality and climate-relevant variables	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geoscientific Model Development	6. 最初と最後の頁 2235 ~ 2264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/gmd-14-2235-2021	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 Sekiyama Tsuyoshi Thomas, Kajino Mizuo	4. 巻 99
2. 論文標題 Performance of a 250-m grid Eulerian dispersion simulation evaluated at two coastal monitoring stations in the vicinity of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan	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) 10.2151/jmsj.2021-052	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 Sekiyama Tsuyoshi Thomas, Kajino Mizuo	4. 巻 59
2. 論文標題 Reproducibility of Surface Wind and Tracer Transport Simulations over Complex Terrain Using 5-, 3-, and 1-km-Grid Models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Meteorology and Climatology	6. 最初と最後の頁 937 ~ 952
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JAMC-D-19-0241.1	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 Kajino Mizuo, Deushi Makoto, Sekiyama Tsuyoshi Thomas, and co-authors	4. 巻 14
2. 論文標題 Comparison of three aerosol representations of NHM-Chem (v1.0) for the simulations of air quality and climate-relevant variables	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geoscientific Model Development	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) 10.5194/gmd-2020-229	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 Kajino Mizuo, Adachi Kouji, Igarashi Yasuhito, Satou Yukihiko, Sawada Morihiko, Thomas Sekiyama Tsuyoshi, Zaizen Yuji, Saya Akane, Tsuruta Haruo, Moriguchi Yuichi	4. 巻 126
2. 論文標題 Deposition and Dispersion of Radio Cesium Released due to the Fukushima Nuclear Accident: 2. Sensitivity to Aerosol Microphysical Properties of Cs Bearing Microparticles (CsMPs)	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) 10.1029/2020JD033460	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 Kinase Takeshi, Adachi Kouji, Sekiyama Tsuyoshi Thomas, Kajino Mizuo, Zaizen Yuji, Igarashi Yasuhito	4. 巻 10
2. 論文標題 Temporal variations of 90Sr and 137Cs in atmospheric depositions after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident with long-term observations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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/s41598-020-78312-3	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 Kita Kazuyuki, Igarashi Yasuhito, Kinase Takeshi, Hayashi Naho, Ishizuka Masahide, Adachi Kouji, Koitabashi Motoo, Sekiyama Tsuyoshi Thomas, Onda Yuichi	4. 巻 10
2. 論文標題 Rain-induced bioecological resuspension of radiocaesium in a polluted forest in Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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/s41598-020-72029-z	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 Sato Yousuke, Sekiyama Tsuyoshi Thomas, Fang Sheng, Kajino Mizuo, Qu?rel Arnaud, Qu?lo Denis, Kondo Hiroaki, Terada Hiroaki, Kadowaki Masanao, Takigawa Masayuki, Morino Yu, Uchida Junya, Goto Daisuke, Yamazawa Hiromi	4. 巻 7
2. 論文標題 A model intercomparison of atmospheric 137Cs concentrations from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, phase III: Simulation with an identical source term and meteorological field at 1-km resolution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Atmospheric Environment: X	6. 最初と最後の頁 100086 ~ 100086
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aeaoa.2020.100086	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 Takagi Mai, Ohara Toshimasa, Goto Daisuke, Morino Yu, Uchida Junya, Sekiyama Tsuyoshi Thomas, Nakayama Shoji F., Ebihara Mitsuru, Oura Yasuji, Nakajima Teruyuki, Tsuruta Haruo, Moriguchi Yuichi	4. 巻 218
2. 論文標題 Reassessment of early 131I inhalation doses by the Fukushima nuclear accident based on atmospheric 137Cs and 131I/137Cs observation data and multi-ensemble of atmospheric transport and deposition models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Radioactivity	6. 最初と最後の頁 106233 ~ 106233
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jenvrad.2020.106233	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 Goto Daisuke, Morino Yu, Ohara Toshimasa, Sekiyama Tsuyoshi Thomas, Uchida Junya, Nakajima Teruyuki	4. 巻 20
2. 論文標題 Application of linear minimum variance estimation to the multi-model ensemble of atmospheric radioactive Cs-137 with observations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 3589 ~ 3607
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-20-3589-2020	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 -

1. 著者名 近藤裕昭, 岩崎俊樹, 佐藤陽祐, 関山剛, 滝川雅之, 新野宏, 鶴田治雄, 山澤弘実, 塩谷雅人	4. 巻 63
2. 論文標題 放射性物質拡散予測モデルの不確実性の低減と活用	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Atomic Energy Society of Japan	6. 最初と最後の頁 318 ~ 320
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3327/jaesjb.63.4_318	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 Sekiyama, T. T. and M. Kajino	4. 巻 -
2. 論文標題 Reproducibility of surface wind and tracer transport simulations over complex terrain using 5-, 3-, and 1-km grid models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Meteorology and Climatology	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) 10.1175/JAMC-D-19-0241.1	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 Iwasaki, T., T. T. Sekiyama, T. Nakajima, A. Watanabe, Y. Suzuki, H. Kondo, Y. Morino, H. Terada, H. Nagai, M. Takigawa, H. Yamazawa, D. Quelo, A. Mathieu	4. 巻 214
2. 論文標題 Intercomparison of numerical atmospheric dispersion prediction models for emergency response to emissions of radionuclides with limited source information in the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheric Environment	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) 10.1016/j.atmosenv.2019.116830	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 Takagi, M., T. Ohara, D. Goto, Y. Morino, J. Uchida, T. T. Sekiyama, S. F. Nakayama, M. Ebihara, Y. Oura, T. Nakajima, H. Tsuruta, Y. Moriguchi	4. 巻 218
2. 論文標題 Reassessment of early 131I inhalation doses by the Fukushima nuclear accident based on atmospheric 137Cs and 131I/137Cs observation data and multi-ensemble of atmospheric transport and deposition models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Radioactivity	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) 10.1016/j.jenvrad.2020.106233	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 Goto, D., Y. Morino, T. Ohara, T. T. Sekiyama, J. Uchida, and T. Nakajima	4. 巻 20
2. 論文標題 Application of linear minimum variance estimation to the multi-model ensemble of atmospheric radioactive Cs-137 with observations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 3589-3607
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-20-3589-2020	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 -

1. 著者名 Kajino, M., T. T. Sekiyama, Y. Igarashi, G. Katata, M. Sawada, K. Adachi, Y. Zaizen, H. Tsuruta, and T. Nakajima	4. 巻 124
2. 論文標題 Deposition and dispersion of radio-caesium released due to the Fukushima nuclear accident: Sensitivity to meteorological models and physical modules	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 1823-1845
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018JD028998	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 Igarashi, Y., K. Kita, T. Maki, T. Kinase, N. Hayashi, K. Hosaka, K. Adachi, M. Kajino, M. Ishizuka, T. T. Sekiyama, Y. Zaizen, C. Takenaka, K. Ninomiya, H. Okochi, and A. Sorimachi	4. 巻 9
2. 論文標題 Fungal spore involvement in the resuspension of radiocaesium in summer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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/s41598-018-37698-x	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 Kajino, M., M. Deushi, T. T. Sekiyama, N. Oshima, K. Yumimoto, T. Tanaka, J. Ching, A. Hashimoto, T. Yamamoto, M. Ikegami, A. Kamada, M. Miyashita, Y. Inomata, S. Shima, A. Takami, A. Shimizu, S. Hatakeyama, Y. Sadanaga, H. Irie, K. Adachi, Y. Zaizen, Y. Igarashi, H. Ueda, T. Maki, and M. Mikami	4. 巻 97
2. 論文標題 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	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan	6. 最初と最後の頁 337-374
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2019-020	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 Sekiyama, T. T. and T. Iwasaki	4. 巻 70(1)
2. 論文標題 Mass flux analysis of 137Cs plumes emitted from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tellus B	6. 最初と最後の頁 1~11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/16000889.2018.1507390	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 Kajino Mizuo, Sekiyama Tsuyoshi Thomas, Igarashi Yasuhito, Katata Genki, Sawada Morihito, Adachi Kouji, Zaizen Yuji, Tsuruta Haruo, Nakajima Teruyuki	4. 巻 124
2. 論文標題 Deposition and Dispersion of Radio-Cesium Released Due to the Fukushima Nuclear Accident: Sensitivity to Meteorological Models and Physical Modules	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 1823~1845
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018JD028998	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 Igarashi Yasuhito, Kita Kazuyuki, Maki Teruya, Kinase Takeshi, Hayashi Naho, Hosaka Kentaro, Adachi Kouji, Kajino Mizuo, Ishizuka Masahide, Sekiyama Tsuyoshi Thomas, Zaizen Yuji, Takenaka Chisato, Ninomiya Kazuhiko, Okochi Hiroshi, Sorimachi Atsuyuki	4. 巻 9
2. 論文標題 Fungal spore involvement in the resuspension of radiocaesium in summer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1954
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-37698-x	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 KAJINO, M., DEUSHI, M., SEKIYAMA, T. T., OSHIMA, N., YUMIMOTO, K., TANAKA, T. Y., CHING, J., HASHIMOTO, A., YAMAMOTO, T., IKEGAMI, M., KAMADA, A., MIYASHITA, M., INOMATA, Y., SHIMA, S., TAKAMI, A., SHIMIZU, A., HATAKEYAMA, S., SADANAGA, Y., IRIE, H., ADACHI, K., ZAIZEN, Y., IGARASHI, Y., UEDA, H., MAKI, T., MIKAMI, M.	4. 巻 97
2. 論文標題 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	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II	6. 最初と最後の頁 337 ~ 374
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2019-020	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 Inomata Y., Aoyama M., Tsubono T., Tsumune D., Kumamoto Y., Nagai H., Yamagata T., Kajino M., Tanaka Y. T., Sekiyama T. T., Oka E., Yamada M.	4. 巻 318
2. 論文標題 Estimate of Fukushima-derived radiocaesium in the North Pacific Ocean in summer 2012	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry	6. 最初と最後の頁 1587 ~ 1596
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-018-6249-7	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 Sato, Y., Takigawa, M., Sekiyama, T.T., Kajino, M., Terada, H., Nagai, H., Kondo, H., Uchida, J., Goto, D., Quelo, D., Mathieu, A., Querel, A., Fang, S., Morino, Y., von Schoenberg, P., Grahn, H., Brennstrem, N., Hirao, S., Tsuruta, H., Yamazawa, H., Nakajima, T.	4. 巻 123
2. 論文標題 Model Intercomparison of Atmospheric 137Cs From the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident: Simulations Based on Identical Input Data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 11,748 ~ 11,765
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018JD029144	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 Benedetti, A., Reid, J. S., Sekiyama, T. T., Tanaka, T., et al.	4. 巻 18
2. 論文標題 Status and future of numerical atmospheric aerosol prediction with a focus on data requirements	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 10615 ~ 10643
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-18-10615-2018	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 該当する

1. 著者名 Kitayama K., Morino Y., Takigawa M., Nakajima T., Hayami H., Nagai H., Terada H., Saito K., Shimbori T., Kajino M., Sekiyama T. T., Didier D., Mathieu A., Qu?lo D., Ohara T., Tsuruta H., Oura Y., Ebihara M., Moriguchi Y., Shibata T.	4. 巻 123
2. 論文標題 Atmospheric Modeling of 137Cs Plumes From the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant-Evaluation of the Model Intercomparison Data of the Science Council of Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 7754 ~ 7770
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2017JD028230	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 Onishi Kazunari, Sekiyama Tsuyoshi Thomas, Nojima Masanori, Kurosaki Yasunori, Fujitani Yusuke, Otani Shinji, Maki Takashi, Shinoda Masato, Kurozawa Youichi, Yamagata Zentaro	4. 巻 117
2. 論文標題 Prediction of health effects of cross-border atmospheric pollutants using an aerosol forecast model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Environment International	6. 最初と最後の頁 48 ~ 56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.envint.2018.04.035	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 Hayashida Sachiko, Kajino Mizuo, Deushi Makoto, Sekiyama Tsuyoshi Thomas, Liu Xiong	4. 巻 184
2. 論文標題 Seasonality of the lower tropospheric ozone over China observed by the Ozone Monitoring Instrument	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Atmospheric Environment	6. 最初と最後の頁 244 ~ 253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.atmosenv.2018.04.014	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 Kajino, M., Deushi, M., Sekiyama, T.T., Oshima, N., Yumimoto, K., Tanaka, T.Y., Ching, J., Hashimoto, A., Yamamoto, T., Ikegami, M., Kamada, A., Miyashita, M., Inomata, Y., Shima, S., Adachi, K., Zaizen, Y., Igarashi, Y., Ueda, H., Maki, T., Mikami, M.	4. 巻 2018
2. 論文標題 NHM-Chem, the Japan Meteorological Agency's regional meteorology – chemistry model (v1.0): model description and aerosol representations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geoscientific Model Development Discussions	6. 最初と最後の頁 1~45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/gmd-2018-128	査読の有無 無
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 Sekiyama, T. T., M. Kunii, and K. Kajino	4. 巻 95
2. 論文標題 The Impact of Surface Wind Data Assimilation on the Predictability of Near-Surface Plume Advection in the Case of the Fukushima Nuclear Accident	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Meteor. Soc. Japan	6. 最初と最後の頁 447-454
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2017-025	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 Mathieu, A., M. Kajino, I. Korsakissok, P. Raphael, D. Quelo, A. Querel, O. Saunier, T. T. Sekiyama, Y. Igarashi and D. Didier	4. 巻 91
2. 論文標題 Fukushima Daiichi-derived radionuclides in the atmosphere, transport and deposition in Japan: A review	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Appl. Geochem.	6. 最初と最後の頁 122-139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apgeochem.2018.01.002	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 Hayashida, S., S. Kayaba, M. Deushi, K. Yamaji, A. Ono, M. Kajino, T. T. Sekiyama, T. Maki, and X. Liu	4. 巻 -
2. 論文標題 Study of lower tropospheric ozone over central and eastern China: comparison of satellite observation with model simulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Land-Atmospheric Research Applications in South and Southeast Asia	6. 最初と最後の頁 255-275
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-67474-2_13	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 Kajino, M., T. T. Sekiyama, A. Mathieu, K. Irene, R. Perillat, D. Quelo, A. Querel, O. Saunier, K. Adachi, S. Girard, T. Maki, K. Yumimoto, D. Didier, O. Masson, and Y. Igarashi	4. 巻 52
2. 論文標題 Lessons learned from atmospheric modeling studies after the Fukushima nuclear accident: Ensemble simulations, data assimilation, elemental process modeling, and inverse modeling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geochem. J.	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) 10.2343/geochemj.2.0503	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 Ishii, S., P. Baron, M. Aoki, K. Mizutani, M. Yasui, S. Ochiai, A. Sato, Y. Satoh, T. Kubota, D. Sakaizawa, R. Oki, K. Okamoto, T. Ishibashi, T. Y. Tanaka, T. T. Sekiyama, T. Maki, K. Yamashita, T. Nishizawa, M. Satoh, and T. Iwasaki	4. 巻 95
2. 論文標題 Feasibility study for future space-borne coherent Doppler wind lidar. Part 1: Instrumental overview for global wind profile observation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Meteor. Soc. Japan	6. 最初と最後の頁 301-317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2017-01	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 Kajino, M., H. Ueda, Z. Han, Y. Inomata, H. Kaku	4. 巻 171
2. 論文標題 Synergy between air pollution and urban meteorological changes through aerosol-radiation-diffusion feedback - A case study of Beijing in January 2013	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Atmos. Environ.	6. 最初と最後の頁 98-110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.atmosenv.2017.10.018	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 Inomata, Y., M. Kajino, K. Sato, J. Kurokawa, N. Tang, T. Ohara, K. Hayakawa, H. Ueda	4. 巻 51
2. 論文標題 Source-receptor relationship analysis of the atmospheric deposition of PAHs subject to long-range transport in northeast Asia	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Environ. Sci. Technol.	6. 最初と最後の頁 7972-7981
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.7b00776	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 Sahu, L. K., V. Seel, M. Kajino, M. Deushi, S. S. Gunthe, P. R. Sinha, R. Yadav, D. Pal, P. Nedelec, V. Thouret, Herman G. Smit	4. 巻 49
2. 論文標題 Impact of tropical convection and ENSO variability in vertical distribution of CO and O3 over an urban site of India	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Climate Dynamics	6. 最初と最後の頁 449-469
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00382-016-3353-7	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 -

1. 著者名 池上雅明, 鎌田茜, 梶野瑞王, 出牛真	4. 巻 84
2. 論文標題 気象庁大気汚染気象予測モデルへの地上 オゾン観測データ同化	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 測候時報	6. 最初と最後の頁 97-107
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 関山剛
2. 発表標題 大気エアロゾルの確率予測、データ同化、そして深層学習
3. 学会等名 第38回エアロゾル科学・技術研究討論会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関山剛
2. 発表標題 多波長光学イメージャを用いた大気エアロゾルの監視, 同化予測および再解析プロダクトの作成
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (日本地球惑星科学連合2020年大会) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 関山剛
2. 発表標題 高解像度モデルによる複雑地形上での移流拡散シミュレーションの再現特性について
3. 学会等名 日本大気化学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関山剛
2. 発表標題 気象学と人工知能のコラボレーション
3. 学会等名 電子情報通信学会人工知能と知識処理研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sekiyama, T. T.
2. 発表標題 Simultaneous Data Assimilation of Meteorological Variables and Tracer Concentration in the Case of the Fukushima Nuclear Accident
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sekiyama, T. T
2. 発表標題 Reproducibility of surface wind and tracer transport simulations over a complex terrain using 5, 3 and 1 km grid models
3. 学会等名 American Geophysical Union (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梶野瑞王
2. 発表標題 放射性セシウムの再飛散・再沈着モデリング
3. 学会等名 大気環境学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sekiyama, T. T.
2. 発表標題 Simultaneous Data Assimilation of Atmospheric Tracer Concentration and Meteorological Variables
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sekiyama, T. T.
2. 発表標題 Ensemble dispersion simulation of tropospheric aerosol plumes using a perturbed meteorological reanalysis
3. 学会等名 14th-iCACGP/15th-IGAC (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sekiyama, T. T.
2. 発表標題 The Impact of Wind and Concentration Data Assimilation on the Plume Dispersion Simulation in the Lower Troposphere
3. 学会等名 15th AOGS annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sekiyama, T. T.
2. 発表標題 Data Assimilation of Atmospheric Chemistry: past, present, and future
3. 学会等名 41st Data Assimilation Seminar, AICS/RIKEN (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sekiyama, T. T.
2. 発表標題 Model analysis of atmospheric Cs-137 dispersion mass flux
3. 学会等名 Ibaraki University-IRSN international workshop on atmospheric radiocesium and bio-aerosol emission (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 関山剛
2. 発表標題 質量フラックスで考察した大気微量成分の移流拡散について
3. 学会等名 第23回大気化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 関山剛
2. 発表標題 AMeDASおよびNTTドコモ地上風観測値のデータ同化が移流拡散シミュレーションの再現性に与える影響
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 Sekiyama, T. T.
2. 発表標題 The impact of Surface Wind Velocity Data Assimilation on the Predictability of Plume Advection in the Lower Troposphere
3. 学会等名 EGU General Assembly 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 梶野瑞王
2. 発表標題 汚染物質 (PM2.5と放射性物質) の拡散
3. 学会等名 弘前大学シンポジウム 災害に備えるー気象災害から健康影響までー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梶野瑞王
2. 発表標題 気象研究所における大気エアロゾルの観測的および数値的研究
3. 学会等名 第15回環境研究シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kajino, M.
2. 発表標題 Simulation on secondary emission of radiocesium from the forest
3. 学会等名 Ibaraki University-IRSN international workshop on atmospheric radiocesium and bio-aerosol emission (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Kita, K. and M. Kajino	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Cambridge University Press	5. 総ページ数 372
3. 書名 Section 3.8 Monitoring the radioactivity of atmospheric aerosols and the influence of resuspension from the ground, Environmental Contamination from the Fukushima Nuclear Disaster-Dispersion, Monitoring, Mitigation and Lessons Learned	

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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