

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01873

研究課題名(和文) 福島第一原発事故で放出された放射性セシウムの大気再飛散と大気植生間の循環の解明

研究課題名(英文) Investigation of atmospheric resuspension of radiocesium released by Fukushima Dai'ichi Nuclear Power Plant accident and its circulation between atmosphere and vegetation

研究代表者

北 和之 (KITA, Kazuyuki)

茨城大学・理工学研究科(理学野)・教授

研究者番号：30221914

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,290,000円

研究成果の概要(和文)：福島第一原子力発電所事故により放出された放射性セシウムの大気再飛散メカニズムと大気植生間の循環可能性について明らかにするため、高放射線量域での大気エアロゾル及び降水のサンプリングを継続的に行い、以下の成果を得た。

1. 放射性セシウムは現在も大気中に再飛散し、特に暖候期に高濃度となる。2. 放射性セシウムの大気再飛散は、冬季から春季までは鉱物粒子が、それ以降は真菌類孢子が主な担体となって起こっている。3. 暖候期のエアロゾル中放射性セシウムは植物に吸収される。4. 放射性セシウム大気放射能濃度の鉛直分布の観測と1次元モデルを組み合わせることで、放射性セシウムの大気放出フラックスの推定に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、福島第一原子力発電所事故により環境中に放出された放射性セシウムが、現在も大気中に土壌や植生から再飛散し、事故以前より桁違いに高い濃度を保ち、特に暖候期に比較的高濃度となっていることが明らかになった。また、放射性セシウムの大気放出フラックスの推定に成功し、放射性セシウムの移行拡散のモデルに取り入れることを可能とした。

放射性セシウムが大気に再飛散するメカニズムとして、冬季から春季までは鉱物粒子の風による巻き上げが、夏季から秋季には真菌類孢子の大気放出が重要であることが明らかになった。また夏季の大気放射性セシウムは一部植物に吸収され、大気植物間循環が起こっていることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Radioactive cesium emitted to the environment by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (F1NPP) accident has been re-suspended to the atmosphere even now after more than 8-years has passed.

Based on the continuous sampling of aerosols and rain water at a site in heavily polluted area in Fukushima, the following results have been obtained:

1. Atmospheric concentration of radio-cesium activity has been more than 10 times higher than those before the accident, and was higher from spring to autumn. 2. Correlation among the atmospheric concentrations of cesium radioactivity and chemical and biological composition of aerosol showed that main host particle for the cesium re-suspension was soil dust in winter and early spring and was fungal spore in summer and autumn. 3. Aerosol radio-cesium in summer can be absorbed by plants. 4. By adopting a 1-dimensional model, emission flux of radio-cesium re-suspension could be calculated from vertical gradient of atmospheric activity concentration.

研究分野：大気環境科学

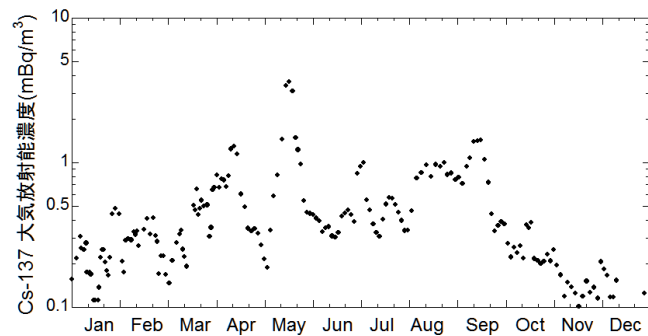
キーワード：放射性セシウム 大気再飛散 放出フラックス 真菌孢子 バイオエアロゾル 大気植生間循環

1. 研究開始当初の背景

平成 23 年 3 月に発生した福島第一原子力発電所事故によって、環境中に多量に放射性セシウムなどの人工放射性物質が放出された。大気中に放出された放射性物質は、風で輸送され主に降水に伴い地表面・植生・海面に沈着した。その一部が福島県東北部を中心とした地域に集中し、現在も住民の帰還のめどが立っていない高放射線量の「帰宅困難区域」となっている。

原発事故後半年ほどを経て原子炉が十分冷却されるようになってからは、福島第一原発施設から大気への放射性物質の漏れいはほぼ検出されない程度に減少した。しかしその後も、一旦沈着した放射性物質の一部が様々な形で環境中を移行している。我々は、事故直後より大気中の放射性セシウムによる放射能濃度のモニタリングを続けてきた。原発事故後 5 年を経過した現在も、特に高放射線量地域において大気中の放射性セシウムによる放射能は事故以前に比べ桁違いに高く、またしばしば有意に増大することから、地表や植生に沈着した放射性セシウムが何らかのメカニズムにより再飛散し大気中に浮遊していると考えられる。

地表や植生に沈着した放射性セシウムの再飛散は、当初放射性セシウムを吸着した粘土鉱物を含む土埃が風により舞い上がることで起こっていると予想されていた。しかし、我々のグループなどの研究により、再飛散はより多様なメカニズムが関与する複雑な過程であることが分かってきた。高放射線量の帰宅困難区域である浪江町津島地区での観測で得られた大気中のセシウム放射能濃度の季節変化(右図)は、春から秋にかけてセシウム放射能濃度が冬季の数倍



に増加することを示している (Kinase et al., 2016, submitted to PEPS)。また昨年実施した集中観測により、その増加が炭素質エアロゾルの増加とともに起こっていることがわかった。そのエアロゾル試料の電子顕微鏡観察の結果、森林起源と考えられる粒径数 μm の有機粒子が重要であると示唆されたが、その有機粒子の正体についてはまだよくわかっていない。採取した生物エアロゾルの rDNA 分析の試行の結果、担子菌類の胞子の割合が多く、放射性セシウム再飛散担体の重要な候補であると考えられる。

現在、避難指示解除準備区域・居住制限区域等では除染工事が進んでいるが、住居付近などを除き森林では積極的な除染は行われていない。政府が表明したように、今後高線量の帰宅困難区域でも除染工事が本格化すると思われるが、そこでも同様に森林の全面的な除染は計画されておらず、森林からの影響は住民にとって大きな不安材料となっている。森林から大気中に飛散した放射性セシウムは、風で運ばれることで、森林からある程度距離のある住宅地にも直接影響する可能性があり、その移行の定量的な見積もりは住民の帰還にとって非常に重要かつ緊急に必要な情報になると考えている。

2. 研究の目的

福島第一原子力発電所事故によって環境中に多量に放出された放射性セシウムの一部は、再飛散と地表面・植生への沈着を繰り返し、原発事故後 5 年を経過した現在も大気中を浮遊している。高汚染のため帰宅困難区域となった浪江町津島地区での観測では、5 月～9 月に大気中の放射能濃度が増加し、その原因は森林生態系からの放出であると推定される。本研究では、この夏季に盛んになる森林生態系からの放射性セシウムの放出形態の解明と直接測定に基づく放出フラックスの定量的な理解を目的とする。また、森林から大気中に放出された放射性セシウムが農作物を含む生物へ再吸収されることによる、大気植生間循環の存在を明らかにすることも目的の一つである。これらの結果に基づき大気再飛散をモデル化し、現状大半が除染対象とならない森林から除染済地区など周辺への放射性セシウムの移行について将来にわたり推定することが最終目的である。

3. 研究の方法

本研究は以下の 4 つのアプローチにより実施する。

- 1) 高放射線量域での大気エアロゾル及び降水のサンプリングを行い、含まれる粒子の化学・生物学的成分と放射性セシウムの濃度間の相関を調べ、大気再飛散担体となる有機・生物粒子の同定を行うとともに、それらの粒子及び土壌ダストの大気再飛散への寄与の定量化を行う。

- 2) 緩和渦集積法測定装置を開発し、放射性セシウム飛散フラックスとその変化を定量化する。
- 3) 大気エアロゾル試料抽出液による植物培養実験による、放射性セシウム大気-植生循環の可能性の検討。
- 4) 大気再飛散過程を取り入れた化学輸送モデルの構築による大気放射性セシウムの移行量の推定。

4. 研究成果

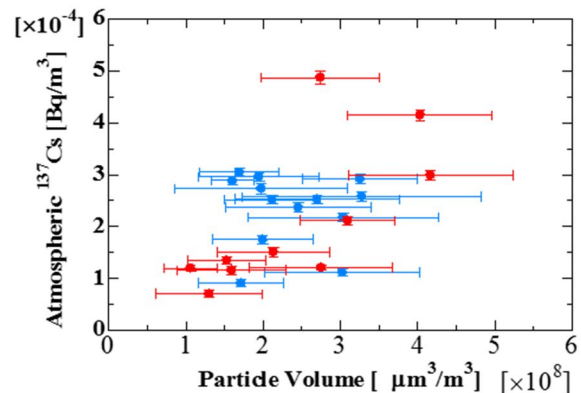
4-1. 福島県帰宅困難地区の山間部における大気セシウム放射能濃度

本研究において、福島県帰宅困難地区の山間部、福島第一原子力発電所から距離約 30km の地点で、継続的に大気エアロゾル及び降水のサンプリングを行った。その結果、大気中のセシウム 137 による放射能濃度は、5 月後半から 9 月にかけての暖候期にはしばしば 10^{-4} (Bq/m³) を超え、これは事故前の東日本における値である $10^{-6} \sim 10^{-5}$ (Bq/m³) とくらべ一桁以上高い値であり、土壌や植生から大気への放射性セシウムの再飛散が継続して起こっていることを示す。なお、冬季には暖候期と比較して大気放射能濃度は 1 桁近く小さい。

4-2. 大気セシウムの再飛散の担体とその季節変化

本研究で福島県帰宅困難地区の山間部で捕集された大気エアロゾル中のセシウム 137 と、エアロゾルの元素組成及び顕微鏡観察で得られたエアロゾル中の真菌個数との比較を行った。冬季から 4 月にかけては、エアロゾル中のセシウム 137 は同じくアルミニウムやカリウムなど粘土鉱物に含まれる元素の割合とよい正相関を示すため、土壌・鉱物粒子と共に吸着している放射性セシウムが大気飛散していると考えられる。また、この期間には大気放射能濃度と風速や摩擦速度と正相関傾向にあるため、風による土壌粒子の巻き上げが主な再飛散メカニズムとなっていると考えられる。

5 月後半から 10 月にかけての暖候期には、エアロゾル中のセシウム 137 は、DNA を染色する DAPI 色素で蛍光を発するバイオエアロゾル、中でも大きさや形状から真菌孢子と思われる粒子の数および推定された粒子体積合計と正相関し、それを担体として大気中に放出されている可能性が高い(右図)。観測地点付近で採取したキノコから孢子を集めセシウム 137 放射能を測定すると、ばらつきは大きいものの大気中の孢子個数及び大気放射能と矛盾しない結果が得られ、真菌孢子の放出がセシウムの大気再飛散を起こしている可能性が高いことを示している。なお、この期間はむしろ風速と大気放射能濃度が反相関を示すことから、放出量は風には依存しない可能性が高い。

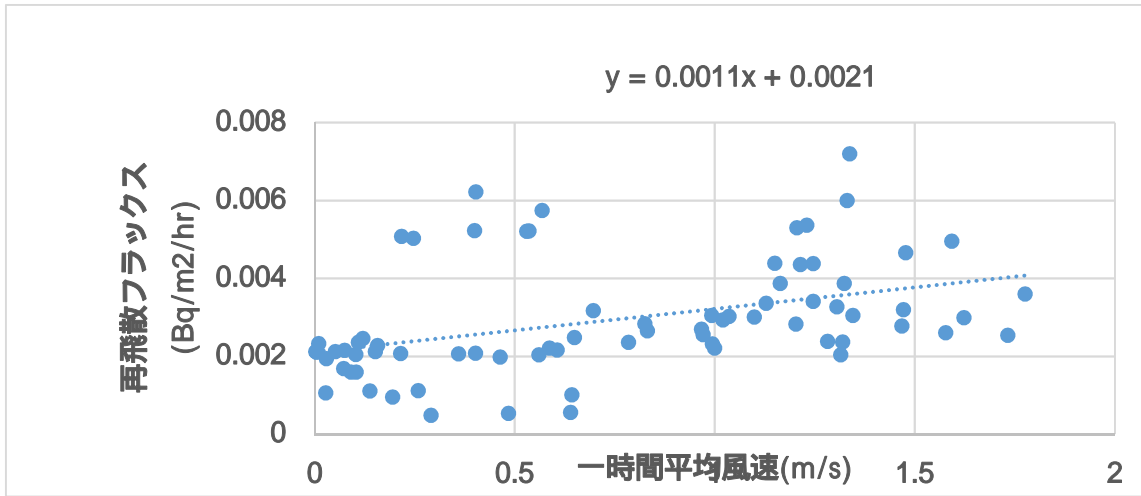


4-3. 大気への放射性セシウム再飛散フラックスの推定

本研究では、以下の三つのアプローチで、放射性セシウム再飛散フラックスの推定を試みている。(a) 緩和渦集積法により直接的に放射性セシウム再飛散フラックスを測定する手法、(b) 暖候期に再飛散を担っている真菌孢子の放出フラックスを測定し、それから換算する手法、(c) 鉛直方向の大気放射能濃度傾度を測定し、1次元モデルでそれを再現するように再飛散フラックスを推定する方法である。

(a)については、緩和渦集積法により鉛直風速が上向きと下向きの時間で別々に大気エアロゾルを捕集し、その放射能濃度の差からフラックスを推定するための観測装置を開発し、実際に測定を行い、現在そのデータの解析中である。

(b)については、高速度カメラでキノコからの孢子飛散を撮影し、放出量を求める手法も試行しているが、バイオエアロゾル濃度の鉛直分布を測定し、鉛直拡散モデルでその結果を再現するように再飛散フラックスを推定する方法を開発することに成功した。また、(c)についても 12 時間という比較的短い時間間隔でのエアロゾル連続サンプリング試料を用い、セシウム 137 の放出フラックスを推定することに成功した。最後の手法により求められた結果の一例を下図に示す。これは 2019 年の 5 月にサンプリングされた大気エアロゾルの放射性セシウム濃度から推定された結果であり、再飛散フラックスは、おおむね $0.001 \sim 0.006$ (Bq/m²/hr) の範囲にあり、地表風速と正相関することを示している。



4-4 . 放射性セシウムの大気植生間の循環の可能性

大気放射性セシウムは暖候期の主要な担体がバイオエアロゾル、特に真菌胞子であることから、植生から大気への放射性セシウムの移行が起こっていることは、ほぼ確実である。それに対し、大気から植物への移行が起こっているかについては、(a)大気エアロゾルの純水抽出液で植物(イネ)を栽培し、そこへの吸収を調べる手法と(b)汚染されていない土を用い、観測サイトのある場所で植物を栽培し、植物に吸収される放射性セシウムを測定するという2つの手法で研究を行った。(a)については、エアロゾルから純水に抽出されるセシウム 137 が多いサンプルでは、培養した植物の地上部からのセシウム 137 が検出され、少なくとも一部が大気から植生に移行することが確認できた。(b)については、栽培した植物に検出されたセシウム 137 が土壌の影響か、大気・降水の影響であるか、異なる条件で栽培したサンプルから分析する作業を現在進めている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 4件／うちオープンアクセス 13件）

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 and 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 Liu Dongwei, Ishizuka Masahide, Mikami Masao and Shao Yaping	4. 巻 18
2. 論文標題 Turbulent characteristics of saltation and uncertainty of saltation model parameters	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 7565-7606
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-18-7595-2018	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 Nakagawa, M., K. Yamada, S. Toyoda, K. Kita, Y. Igarashi, S. Komatsu, K. Yamada, R. Jun, N. Yoshida	4. 巻 52
2. 論文標題 Characterization of hydrocarbons in aerosols and investigation of biogenic sources as a carrier of radiocesium isotopes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geochemical Journal	6. 最初と最後の頁 163 ~ 172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.2.0512	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 T. Kinase, K. Kita., Y. Igarashi, K. Adachi, K. Ninomiya, A. Shinohara, H. Okochi, H. Ogata, M. Ishizuka, S. Toyoda, K. Yamada, N. Yoshida, Y. Zaizen, M. Mikami, H. Demizu, and Y. Onda	4. 巻 5
2. 論文標題 The seasonal variations of atmospheric ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs activity and possible host particles for their resuspension in the contaminated areas of Tsushima and Yamakiya, Fukushima, Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 5:12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-018-0171-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 Morino Y., and Ohara T.	4. 巻 20
2. 論文標題 Atmospheric modeling of radioactive materials from the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Global Environmental Research	6. 最初と最後の頁 23 ~ 31
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 Nakajima T., Misawa S., Morino Y., Tsuruta H., Goto D., Uchida J., Takemura T., Ohara T., Oura Y., Ebihara M. and Satoh M	4. 巻 4
2. 論文標題 Model depiction of the atmospheric flows of radioactive cesium emitted from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 4:02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-017-0117-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 Dongwei Liu, Masahide Ishizuka, Masao Mikami, and Yaping Shao	4. 巻 18
2. 論文標題 Turbulent Characteristics of Saltation and Uncertainty of Saltation Model Parameters	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Atmos. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 7595 ~ 7606
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-18-7595-2018	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 Munkhtsetseg E., Shinoda M., Ishizuka M., Mikami M., Kimura R., and Nikolich G.	4. 巻 17
2. 論文標題 Anthropogenic dust emissions due to livestock trampling in a Mongolian temperate grassland	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Atmos. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 11389 ~ 11401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-17-11389-2017	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 H. Rai, S. Yokoyama, N. Satoh-Nagasawa, J. Furukawa, T. Nomi, Y. Ito, S. Fujimura, H. Takahashi, R. Suzuki, E. Yousra, A. Goto, S. Fuji, S. Nakamura, T. Shinano, N. Nagasawa, H. Wabiko and H. Hattori	4. 巻 58
2. 論文標題 Caesium uptake by rice roots largely depends upon a single gene, HAK1, which encodes a potassium transporter	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 1486 ~ 1493
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcx094	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 M., Ohara T., Goto D., Morino Y., Nakayama S.F., Uchida J., Sekiyama T.T., Ebihara M., Oura Y., Nakajima T., Tsuruta H. and Moriguchi Y.	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
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Goto D., Morino Y., Ohara T., Sekiyama T. T., Uchida J., and Nakajima T.	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 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 Li X., Sun S., Hu X, Huang H., Li H., Morino Y., Wang S., Yang X., Shi J. and Fang S.	4. 巻 379
2. 論文標題 Source inversion of both long- and short-lived radionuclide releases from the Fukushima Daiichi nuclear accident using on-site gamma dose rates	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Hazardous Materials	6. 最初と最後の頁 120770
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jhazmat.2019.120770	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 Iwasaki T., Sekiyama T., Nakajima T., Watanabe A., Suzuki Y., Kondo H., Morino Y., Terada H., Nagai H., Takigawa M., Yamazawa H., Queiro D. and Mathieu A.	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 116830
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 南 光太郎, 堅田 元喜, 北 和之, 反町 篤行, 保坂 健太郎, 五十嵐 康人	4. 巻 35
2. 論文標題 温帯落葉広葉樹林から放出されたバイオエアロゾルの輸送過程の数値解析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 エアロゾル研究	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 -

〔学会発表〕 計39件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 北和之
2. 発表標題 福島第一原発事故後の大気放射能に関する学会連携等による研究とその成果
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 K. Kita, N. Hayashi, K. Minami, M. Kimura, Y. Igarashi, K. Adachi, T. Maki, M. Ishizuka, H. Okochi, J. Furukawa, K. Hosaka, K. Ninomiya and A. Shinohara
2. 発表標題 Increase of atmospheric concentration of radioactive cesium with bio-aerosols in a polluted area in Fukushima
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 K. Kita, N. Hayashi, K. Minami, M. Kimura, Y. Igarashi, K. Adachi, T. Maki, M. Ishizuka, H. Okochi, J. Furukawa, K.Hosaka, K. Ninomiya and A. Shinohara
2. 発表標題 Bioaerosol emission and its role in re-emission of radioactive cesium from forest in Fukushima
3. 学会等名 2018 joint 14th iCACGP Quadrennial Symposium/15th IGAC Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北和之, 林菜穂, 南光太郎, 木村茉央, 佐々木完齊, 堅田元喜, 五十嵐康人, 反町篤行, 牧輝弥, 保坂健太郎, 古川純, 羽田野祐子, 池田遼, 足立光司, 財前祐二, 川端康弘, 大河内博, 河村公隆, 石塚正秀, 斎藤保典
2. 発表標題 森林からのバイオエアロゾル放出フラックス推定とフィルタサンプリングされたバイオエアロゾルの蛍光測定を試み
3. 学会等名 第12回バイオエアロゾルシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉岡颯, 大河内博, 張凱, 勝見尚也, 二宮和彦, 北和之, 五十嵐康人
2. 発表標題 福島県浪江町の里山における大気エアロゾル中放射性セシウム濃度に及ぼす山林火災の影響
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 林奈穂, 北和之, 五十嵐康人, 足立 光司, 木村 徹
2. 発表標題 2013年茨城県つくば市における大気Cs-137濃度変動とバイオエアロゾルによる寄与
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 田中邦明, 石塚正秀, 五十嵐康人, 保坂健太郎, 北和之
2. 発表標題 シイタケ胞子の形状特性と胞子飛散に関する基礎的研究
3. 学会等名 平成30年度土木学会四国支部第24回技術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石塚正秀, 田中邦明, 五十嵐康人, 保坂健太郎, 北和之
2. 発表標題 シイタケ胞子の飛散機構の解明に向けた基礎的実験 -胞子の形状特性の観察
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 林奈穂, 北和之, 五十嵐康人, 牧輝也, 小坂橋基夫
2. 発表標題 降水時の森林からのバイオエアロゾル放出源変化
3. 学会等名 第35回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牧輝弥, 北和之, 石塚正秀, 作田裕也, 保坂健太郎, 岩坂泰信, 五十嵐康人
2. 発表標題 森林内を浮遊するバイオエアロゾルの群集構造変化
3. 学会等名 第12回大気バイオエアロゾルシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 反町篤行, 北和之, 五十嵐康人, 保坂健太郎, 南光太郎, 堅田元喜, 羽田野裕子, 池田遼
2. 発表標題 緩和渦集積法を用いたバイオエアロゾル放出フラックスの測定システムの開発
3. 学会等名 第59回大気環境学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Hayashi, K. Kita, Y. Igarashi, K. Adachi, T. Maki, and T. Kimura
2. 発表標題 Bioaerosol emissions during the summer precipitation in Fukushima forest revealed by radiocesium observations
3. 学会等名 2018 joint 14th iCACGP Quadrennial Symposium/15th IGAC Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北 和之ほか41名
2. 発表標題 日本地球惑星科学連合 放射化学会連携による福島第一原子力発電所近傍における事故5年後の 土壌中放射性物質の調査概要
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合-アメリカ地球物理学連合 ジョイントミーティング2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西岡 拓哉, 北 和之, 林 奈穂, 佐藤 武尊, 五十嵐 康人, 足立 光司, 財前 祐二, 豊田 栄, 山田 桂大, 吉田 尚弘, 牧 輝弥, 石塚 正秀, 二宮 和彦
2. 発表標題 夏季-秋季における放射性セシウム大気再飛散のメカニズム
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合-アメリカ地球物理学連合 ジョイントミーティング2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 林 奈穂, 北 和之, 五十嵐 康人, 足立 光司, 木村 徹, 牧 輝弥, 二宮 和彦, 篠原 厚, 豊田 栄, 石塚 正秀
2. 発表標題 福島森林域でのバイオエアロゾルの観察-放射性セシウムの大気再飛散担体の可能性
3. 学会等名 第34回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Kita, N. Hayashi, K. Minami, M. Kimura, Y. Igarashi, K. Adachi, T. Maki, M. Ishiduka H. Ohkochi, J. Furukawa, K. Ninomiya, and A. Shinohara
2. 発表標題 Bioaerosols sampled in Fukushima mountainous region and contribution to the radio-caesium resuspension
3. 学会等名 2017 Symposium on atmospheric chemistry and physics at mountain sites (ACPM2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Igarashi, K. Kita, T. Maki, T. Kinase, N. Hayashi, K. Adachi, C. Takenaka, M. Kajino, M. Ishizuka, T. T. Sekiyama, Y. Zaizen, K. Ninomiya, H. Okochi and A. Sorimachi
2. 発表標題 Temperate forest as big bioaerosol sources?: Implication from atmospheric Fukushima radiocesium studies
3. 学会等名 2017 Symposium on atmospheric chemistry and physics at mountain sites (ACPM2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Kita, N. Hayashi, K. Minami, Y. Igarashi, K. Adachi, T. Maki, M. Ishiduka, H. Ohkochi, J. Furukawa, K. Ninomiya and A. Shinohara
2. 発表標題 Atmospheric re-suspension mechanism of radio-caesium - possibility of circulation between atmosphere and biosphere
3. 学会等名 2nd International Symposium of Quantum Beam Science at Ibaraki University (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yasuhito Igarashi, Naho Hayashi, Kazuyuki Kita, Teruya Maki, Yasunori Saito, Hiroshi Okochi, Kentaro Hosaka, Kouichi Shiraishi, Takayuki Tomida, Kouji Adachi, Yuji Zaizen, Masahide Ishizuka and Atsuyuki Sorimachi
2. 発表標題 Aerosol Emission from Forest by Precipitation: New Perspective for Atmosphere-Forest Interaction
3. 学会等名 第11回大気バイオエアロゾルシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北和之, 林奈穂, 南光太郎, 木村茉央, 五十嵐康人, 足立光司, 財前祐二, 牧輝弥, 保坂健太郎, 古川純, 大河内博, 石塚正秀, 反町篤行
2. 発表標題 福島山間部におけるバイオエアロゾルの放射性セシウム飛散における役割の推定
3. 学会等名 第11回大気バイオエアロゾルシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石塚正秀, 田中邦明, 五十嵐康人, 保坂健太郎, 北和之
2. 発表標題 きのご胞子の飛散機構の解明に向けた基礎的実験
3. 学会等名 第11回大気バイオエアロゾルシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森野悠, 北山響, 滝川雅之, 中島映至, 速水洋, 永井晴康, 寺田宏明, 斉藤和雄, 新堀敏基, 梶野瑞王, 関山剛, Damien Didier, Anne Mathieu, 大原利真, 鶴田治雄, 海老原充, 大浦泰嗣, 柴田徳思
2. 発表標題 大気モデル相互比較に基づく福島原発事故起源の137Csの動態解析
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 森野悠, 大原利真
2. 発表標題 放射性物質の大気シミュレーション - これまでの成果と今後の課題
3. 学会等名 第58回大気環境学会年会特別集会「福島事故による放射性物質の大気環境影響はどこまで明らかになったか?」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 J.Furukawa, Y.Noda, N.Nihei, A.Hirose, K.Tanoi and S.Satoh
2. 発表標題 Novel function of potassium and cesium channel, SKOR, involved in dormancy-induced nutrient re-allocation in poplar
3. 学会等名 XVIII International Plant Nutrition Colloquium (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 頼泰樹, 横山咲, 佐藤美奈子, 古川純, 能美多希子, 伊藤那香, 森田祥司, 藤村恵人, 後藤明俊, 信濃卓郎, 永澤信洋, 我彦廣悦, 中村進一, 服部浩之
2. 発表標題 セシウム低吸収水稻のCs/K吸収特性と現地試験結果
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 北和之, 加納瑞季, 二井矢航, 木村茉央, 古川純, 羽田野祐子, 五十嵐康人
2. 発表標題 大気エアロゾルと植物・菌類間での放射性セシウム移行可能性の研究
3. 学会等名 2019年度放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点年次報告会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Olivier MASSON, KITA Kazuyuki, Denis MARO, HARADA Koshi, HAYASHI Naho, MINAMI Kohtaro, HATANO Yuko and IGARASHI Yasuhito
2. 発表標題 Measurement of emission flux of radioactive cesium to the atmosphere
3. 学会等名 2019年度放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点年次報告会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石塚正秀, 田中邦明, 宮本えりか, 羽田野祐子, 保坂健太郎, 北和之, 牧輝也, 五十嵐康人
2. 発表標題 筑波実験植物園におけるバイオエアロゾルとセシウム濃度の時系列データ解析
3. 学会等名 2019年度放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点年次報告会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石塚正秀, 五十嵐康人, 北和之, 保坂健太郎, 牧輝也, 田中邦明, 宮本えりか, 羽田野祐子
2. 発表標題 2019年7月の筑波実験植物園におけるきのこ胞子の放出観測
3. 学会等名 第13回大気バイオエアロゾルシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北 和之, 南 光太郎, 堅田元喜, 反町篤行, 原田晃司, 林奈穂, 保坂健太郎, 牧輝弥, 石塚正秀, 渡辺幸一, 羽田野祐子, 五十嵐康人
2. 発表標題 森林からのバイオエアロゾル放出フラックス推定の試み
3. 学会等名 第13回大気バイオエアロゾルシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 牧輝弥, 作田裕也, 河合慶, 藤田達之, 甲斐憲次, 北和之, 五十嵐康人, 保坂健太郎, 高見英人, 小林史尚, 黒崎泰典, 石塚正秀, 能田淳, 渡辺幸一, 洪天祥, 陳彬, 篠田雅人, 三星かおり, 西村隆, 岩坂泰信
2. 発表標題 バイオエアロゾルにおける微生物群の遺伝学的特徴
3. 学会等名 第13回大気バイオエアロゾルシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 五十嵐康人, 北和之, 木名瀬健, 林奈穂, 南光太郎, 木村茉央, 反町篤行, 大河内博, 後藤友里絵, 石塚正秀, 牧輝弥, 保坂健太郎, 羽田野祐子
2. 発表標題 福島県内の里山地域における大気中Cs濃度の変遷
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 梶野瑞王, 石塚正秀, 五十嵐康人, 北和之, 財前祐二, 木名瀬健, 渡邊明
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 第60回 大気環境学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 羽間萌華, 牧輝弥, 藤田達之, 石塚正秀, 黒崎泰典, 真塩麻彩実, 長谷川浩, 岩坂泰信
2. 発表標題 黄砂バイオエアロゾルに含まれる有機物粒子の酵素反応実験による特定
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石塚正秀, 五十嵐康人, 北和之, 保坂健太郎, 牧輝也, 田中邦明, 宮本えりか, 羽田野祐子
2. 発表標題 筑波実験植物園におけるバイオエアロゾルとセシウム濃度の時系列データ解析
3. 学会等名 放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点ERNCキックオフミーティング
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北和之, 林奈穂, 南光太郎, 木村茉央, 五十嵐康人, 足立光司, 牧輝弥, 反町篤行, 石塚正秀, 古川純, 二宮和彦, 篠原厚, Masson Olivier
2. 発表標題 バイオエアロゾルによる放射性セシウム大気再飛散とそのフラックス推定の試み
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 反町篤行, 北和之, 南光太郎, 保坂健太郎, 堅田元喜, 五十嵐康人
2. 発表標題 緩和渦集積法を用いたバイオエアロゾルフラックスの測定
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 南光太郎, 堅田元喜, 北和之, 反町篤行, 保坂健太郎
2. 発表標題 多層陸面モデルを用いた真菌胞子の森林上空への乱流輸送過程の解析
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 Goto D., Morino Y., Ohara T., Sekiyama T.T., Uchida J. and Nakajima T.
2. 発表標題 Development of multi-model ensemble method for radionuclides released from Fukushima nuclear accident
3. 学会等名 2019 American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計4件

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

1. 著者名 Takigawa M., Morino Y. and Nakamura H.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Cambridge University Press	5. 総ページ数 372
3. 書名 3.5 Factors contributing to uncertainty of atmospheric diffusion models. in Environmental Contamination from the Fukushima Nuclear Disaster: Dispersion, Monitoring, Mitigation and Lessons Learned	

1. 著者名 Morino Y., Takigawa M. and Nakamura H.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Cambridge University Press	5. 総ページ数 372
3. 書名 3.2 Estimating the distribution of radiocesium deposition. in Environmental Contamination from the Fukushima Nuclear Disaster: Dispersion, Monitoring, Mitigation and Lessons Learned	

1. 著者名 Nakamura H., Morino Y. and Takigawa M.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Cambridge University Press	5. 総ページ数 372
3. 書名 3.1 The atmospheric transport process for radioactive materials and effects of meteorological conditions. 3.4 Possible accident scenarios for different seasons or different power plants. in Environmental Contamination from the Fukushima Nuclear Disaster: Dispersion, Monitoring, Mitigation and Lessons Learned	

〔産業財産権〕

〔その他〕

茨城大学-IRSN国際ワークショップ「大気放射性セシウムとバイオエアロゾルの放出」(水戸) https://www.ibaraki.ac.jp/events/2018/02/131712.html 茨城大学-IRSN 国際ワークショップ「放射性微粒子の基礎物性解明による廃炉作業リスク低減への貢献」 https://www.ibaraki.ac.jp/events/2019/03/180930.html

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	古川 純 (FURUKAWA Jun) (40451687)	筑波大学・生命環境系・准教授 (12102)	
研究分担者	石塚 正秀 (ISHIZUKA Masahide) (50324992)	香川大学・創造工学部・教授 (16201)	
研究分担者	森野 悠 (MORINO Yuu) (50462495)	国立研究開発法人国立環境研究所・地域環境研究センター・主任研究員 (82101)	

6. 研究組織（つづき）

	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	反町 篤行 (SORIMACHI Atsuyuki) (60466050)	福島県立医科大学・医学部・准教授 (21601)	
研究協力者	五十嵐 康人 (IGARASHI Yasuhito) (90343897)	京都大学・複合原子力科学研究所・教授 (14301)	
研究協力者	牧 輝弥 (MAKI Teruya) (70345601)	近畿大学・理工学部・教授 (34419)	
研究協力者	堅田 元喜 (KATATA Genki) (00391251)	茨城大学・地球・地域環境共創機構・講師 (12101)	
連携研究者	大河内 博 (OKOCHI Hiroshi) (00241117)	早稲田大学・理工学術院・教授 (32689)	
連携研究者	二宮 和彦 (NINOMIYA Kazuhiko) (90512905)	大阪大学・理学系研究科・助教 (14401)	
連携研究者	篠原 厚 (SHINOHARA Atsushi) (60183050)	大阪大学・理学系研究科・教授 (14401)	