

The Fukushima releases: an inverse modelling approach to assess the source term by using gamma dose rate observations.

The Fukushima releases: an inverse modelling approach to assess the source term by using gamma dose rate observations.

Olivier Saunier¹, Anne Mathieu¹, Damien DIDIER^{1*}, Marilyne Tombette¹, Denis Quelo¹, Victor Winiarek², Marc Boquet²
Olivier Saunier¹, Anne Mathieu¹, Damien DIDIER^{1*}, Marilyne Tombette¹, Denis Quelo¹, Victor Winiarek², Marc Boquet²

¹Institut de Radioprotection et de Surete Nucleaire (IRSN), ²Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmospherique (CEREA), ³Institut National de Recherche en Informatique et Automatique (INRIA).

¹Institut de Radioprotection et de Surete Nucleaire (IRSN), ²Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmospherique (CEREA), ³Institut National de Recherche en Informatique et Automatique (INRIA).

A few hour after the earthquake struck the Japan on March 11, the Technical Crisis Centre of the Institut de Radioprotection et de Surete Nucleaire (IRSN), was fully activated, 24/7 for the next 4 weeks to give its expertise to the French government and to the French embassy in Tokyo.

From this experience, lots of difficulties were highlighted. Our consequences assessment capabilities had been limited by uncertainties coming from source term assessment, meteorological data and, on smaller scale, dispersion model.

Since then, the institute has been working on improving its assessment of the atmospheric release and environmental contamination (Mathieu et al., 2012, Korsakissok I. et al, 2013). One of the largest sources of error is the source term estimation including the time evolution of the release rate and its distribution between radioisotopes. Inverse modelling methods have proved to be efficient to assess the source term due to accidental situation (Gudiksen, 1989, Krysta and Bocquet, 2007, Stohl et al 2011, Winiarek et al 2012). Most existing approaches are designed to use air sampling measurements (Winiarek et al, 2012) and some of them use also deposition measurements (Stohl et al, 2012, Winiarek et al, 2013). During the Fukushima accident, such measurements are far less numerous and not as well distributed within Japan than the dose rate measurements. To efficiently document the evolution of the contamination, gamma dose rate measurements were numerous, well distributed within Japan and they offered a high temporal frequency. However, dose rate data results from all the gamma emitters present on the ground and in the atmosphere. A specific methodology based on invert modelling has been developed to operate efficiently dose rate data. Applied to the Fukushima case, the emissions for the 8 main isotopes Xe-133, Cs-134, Cs-136, Cs-137, Ba-137m, I-131, I-132 and Te-132 have been assessed automatically without case specific assumption or guess source term. The Daiichi power plant releases events were well identified and the atmospheric dispersion of the retrieved source term shows a good agreement with environmental observations. The most important outcome of this study is that the method is perfectly suited to crisis management and will improve our diagnosis capabilities in case of a nuclear accident.

キーワード: Inverse modelling, Fukushima, gamma dose rate data, atmospheric dispersion

Keywords: Inverse modelling, Fukushima, gamma dose rate data, atmospheric dispersion

福島第一原子力発電所事故により放出されたヨウ素 131 の大気中濃度シミュレーション

Numerical simulation of I-131 concentration emitted from FDNPP using regional model

滝川 雅之^{1*}, 鶴田 治雄²

Masayuki Takigawa^{1*}, Haruo Tsuruta²

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² 東京大学大気海洋研究所気候システム研究系

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ² AORI, Univ. of Tokyo

東日本大震災に由来して発生した福島第一原子力発電所事故により、大気中に大量の人工放射性核種が放出されたが、内部被曝に対し大きな影響力を持つ大気中ヨウ素 131 濃度の時空間変動についてはいまだ良く分かっていない点が多い。このため筆者らは領域化学輸送モデルを用い、ヨウ素 131 の大気中濃度のシミュレーションを行った。用いたモデルは NOAA, NCAR などが中心となって開発している WRF/Chem モデルに新たに放射性核種を組み込んだものである。福島第一原子力発電所からの放出量変動としては原研のものなどを用いた。東海村などでのサンプリング等との比較の結果、15 日早朝などに南向きに高濃度の汚染気塊が運ばれている様子などが見られた。3 月末までの各地点での大気中濃度の積算濃度を求めたところ、その空間分布はよく知られている沈着量の分布とは大きく異なることが分かった。これは沈着量分布にはプルーム通過の際の降水量分布が大きく影響する一方で、積算大気中濃度にはプルームの濃度自身が重要であるためである。

キーワード: 人工放射性核種, 大気化学, 物質輸送, 化学輸送モデル

Keywords: radionuclides, atmospheric chemistry, material transport, chemical transport model

WMO 福島第一原発事故に関する気象解析についての技術タスクチームでの気象庁
領域 ATM 実験
JMA's regional ATM calculations for the WMO Task Team on the meteorological analyses for Fukushima Daiichi NPP accident

斉藤 和雄^{1*}, 新堀 敏基¹, Roland Draxler²
Kazuo Saito^{1*}, Toshiki Shimbori¹, Roland Draxler²

¹ 気象研究所, ² 米国海洋大気庁
¹Meteorological Research Institute, ²NOAA Air Resources Laboratory

原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR) は、2011 年 5 月に行われた第 58 回総会において、2011 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災) による福島第一原子力発電所事故に関する放射線被曝のレベルと影響に関する評価報告書を作成することを決定し、世界気象機関 (WMO) に対し協力を求めた。これに対応するため、WMO は「福島第一原発事故に関する気象解析についての技術タスクチーム」を設置し、大気移流拡散モデル (ATM) を動かすための気象解析値の用意と、事故期間中の放射性物質の輸送・拡散・沈着に関わる大気条件の報告書を作成した。ここでは、上記タスクチームにおける気象庁の貢献と領域 ATM の改良と実験、及び Cs-137 の沈着と濃度時系列の観測に対する検証について報告する。

キーワード: 福島第一原発, 気象解析, WMO タスクチーム, 領域 ATM
Keywords: Fukushima Daiichi NPP, Meteorological analyses, WMO Task Team, regional ATM

Diamond-NICAM-SPRINTARS を用いての放射性物質輸送モデル実験の検証 Diamond-NICAM-SPRINTARS: simulations on the Fukushima radiation transport

打田 純也^{1*}
Uchida Junya^{1*}

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ the University of Tokyo, Atmosphere and Ocean Research Institute

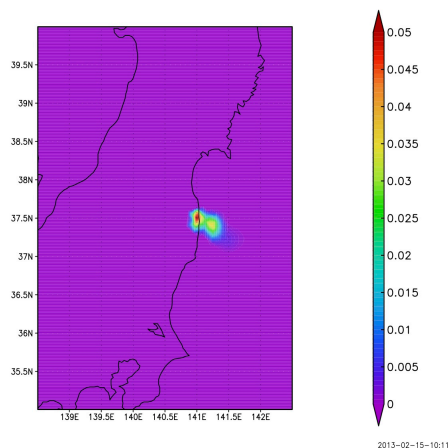
A Development of Seamless Chemical AssimiLation System and its Application for Atmospheric Environmental Materials (SALSA) project is focused on creating a regional (local) scale assimilation system that can accurately recreate and predict a transport of carbon dioxide and other air pollutants. In this study, a regional model of the next generation global cloud-resolving model NICAM (Non-hydrostatic ICosahedral Atmospheric Model) (Tomita and Satoh, 2004) is developed, which is called a Diamond-NICAM, and ran together with a transport model SPRINTARS (Spectral Radiation Transport Model for Aerosol Species) (Takemura et al, 2000) to simulate aerosols across urban cities (over a Kanto region including metropolitan Tokyo). This enables us to see the effects of warming, pollutants and urbanization to the change in a local climate.

However, for this presentation, we will shift the focus to simulations on the Fukushima radiation transport, recreating a map of radiation spread by analyzing a sulfate transport on the same models(Fig.1). What we are hoping to achieve here is to verify an accuracy of running a finer resolution Diamond-NICAM-SPRINTARS model on transporting an aerosols, as the model is rather new and has not been tested in such occasion. Also, looking at a use of sulfate transport when simulating a radiation transport will be mentioned.

Finally, we will look at and compare a difference between Diamond-NICAM-SPRINTARS and global NICAM-SPRINTARS, and discuss advantages and shortcomings of the models, especially on the accuracy and the time constraints when a finer resolution is applied; also effects of boundary conditions in a regional model is discussed.

キーワード: 大気輸送モデル実験, Diamond-NICAM

Keywords: Diamond-NICAM, Regional model simulations



逆解析を用いた福島第一原子力発電所からの放射性物質放出量解析

The time series analysis of the radionuclide emissions from Fukushima Daiichi nuclear power plant by inverse model

眞木 貴史^{1*}, 田中 泰宙¹, 梶野 瑞王¹, 関山 剛¹, 五十嵐 康人¹, 三上 正男¹

Takashi Maki^{1*}, Taichu Tanaka¹, Mizuo Kajino¹, Thomas Sekiyama¹, Yasuhito Igarashi¹, Masao Mikami¹

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所の事故により、大量の放射性物質が放出された。この事故の重要な特徴の一つは、放射性物質の放出源は明らかであり、放出の時系列と高度変化が不明であるという点である（放出高度はあまり高くないことが報告されている）。このような事例では、先験情報を用いる逆解析が放出量の時系列推定に計算機資源的にも有用な手法となり得る。本研究では、全球エアロゾル輸送モデル（田中ら（2005））のタグ付き計算（TL319、水平解像度約60km）を行い、Cs137をモデル最下層（地表から約100mまで）から単位量（1Tg/hr）を3時間毎に放出し、この結果より日平均値を算出した。世界中の50地点の観測値（CTBTO、Ro5、Berkeley、Hoffmann、台湾）の観測データを収集し、解析に用いた。先験情報としては2種類の放出量に関する実験を行った。茅野ら（2011）の解析値とStohlら（2012）の先験情報である。Stohlらの解析値ではなく先験情報を用いた理由は、彼らの逆解析で用いた観測地点がほぼ本研究の観測地点と重なるため、観測データの二重利用を避けるためである。観測誤差としては、測定誤差と空間代表性誤差を考慮して20%とした。いくつかの感度実験を行った後に、先験情報の不確かさを100%とし、茅野らの解析値を本研究の先験情報として用いることとした。本解析の結果、2011年3月11日から4月19日までのCs137の総放出量は $18.5\text{PBq} \pm 3.6\text{PBq}$ を得た。さらに、日放出量の最大値は3月15日に発生し、茅野らの解析値より明らかに大きいことも分かった。この結果は、輸送モデルの輸送・沈着過程の検証などに有益であると考えられる。今後は、より詳細な放射線量観測値を入手し、領域エアロゾル輸送モデルを用いたより詳細な放出量解析を実施する計画である。

キーワード: 福島第一原子力発電所, 放射性物質, 放射性物質放出量, 逆解析, 全球エアロゾルモデル

Keywords: Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Radionuclide, Radionuclide Emissions, Inverse model, Global aerosol model

Size distributions of airborne radionuclides derived from the Fukushima nuclear accident at several places in Europe

Size distributions of airborne radionuclides derived from the Fukushima nuclear accident at several places in Europe

Olivier Masson^{1*}, Wolfgang Ringer², Helena Mala³, Petr Rulik³, Magdalena Dlugosz-Lisiecka⁴

Olivier Masson^{1*}, Wolfgang Ringer², Helena Mala³, Petr Rulik³, Magdalena Dlugosz-Lisiecka⁴

¹Nuclear Safety and Radioprotection Institute IRSN, ²Austrian Agency for Health and Food Safety AGES, ³National Radiation Protection Institute (NRPI-SURO), ⁴Institute of Applied Radiation Chemistry

¹Nuclear Safety and Radioprotection Institute IRSN, ²Austrian Agency for Health and Food Safety AGES, ³National Radiation Protection Institute (NRPI-SURO), ⁴Institute of Applied Radiation Chemistry

Segregation and radioactive level analysis of aerosols according to their aerodynamic size were performed in France, Austria, Czech Republic, and Poland after the arrival of contaminated air masses following the nuclear accident at the Fukushima Daiichi nuclear power plant (FDNPP). Sampling was performed from 23rd of March to 23th of April 2011. Whatever the location, the higher activity levels correspond to the finest particle fraction available through Andersen impactors or high volume impactors. As a general pattern, the highest contributions to the ¹³⁷Cs and ¹³⁴Cs ambient activity level were supported by the finest size range investigated (aerodynamic diameter < 0.49 micrometre). The Activity Median Aerodynamic Diameter (AMAD) ranged from 0.27 to 0.71 micrometre and an average of 0.45 micrometre for cesium isotopes whereas lower values were obtained for ¹³¹I (0.4 micrometre on average). In addition, geometric standard deviation appears to be larger for iodine than for cesium isotopes; probably as a result of gaseous transfer onto ambient particles of all sizes during transport. Contribution from resuspension of formerly deposited ¹³⁷Cs was assessed for the coarse particle fractions. AMAD values obtained for natural occurring radionuclides such as ⁷Be and ²¹⁰Pb ranged from 0.4 to 0.5 micrometre; and 0.3 to 0.4 micrometre, respectively. Larger AMAD values were obtained for ²³⁴Th (3.3 micrometre) and ²²⁸Ac (3.6 micrometre), both radionuclides coming from the resuspension of coarse particles induced by wind erosion of soil surfaces. For the Fukushima-derived fission products, highest weighted activity levels were not found onto the finest particles (< 0.49 micrometre) but in the upper size fraction [0.49 ? 0.95 micrometre] with specific activity levels of about 22 Bq/g for ¹³¹I and around 5 Bq/g for both cesium isotopes. This study also provides a spatial and temporal analysis at the European scale of AMAD values of anthropogenic radionuclides found at significant levels (¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ¹³¹I) as well as for radionuclides of natural origin (⁷Be). ¹³⁷Cs and ¹³⁴Cs AMAD values at the European scale show spatial homogeneity whereas they gradually decrease from the arrival date to the end of the studied period. This pattern is also observed for ⁷Be but with a less pronounced decrease. A specific time trend can be noticed for particulate ¹³¹I (see fig.). Increasing ¹³¹I AMAD values can support the idea of a progressive transfer of gaseous iodine onto ambient aerosols as proposed by Uematsu et al (1988) after the Chernobyl accident or also recently suggested by Mala & Rulik (2013) or Dlugosz-Lisiecka & Bem (2012) after the FDNPP accident.

Figure: Time variation of the AMAD value of Fukushima-labelled aerosols (¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ¹³¹I and ⁷Be) in Europe after the arrival of the contaminated air masses (mean values from several sampling sites in Europe).

References:

- Dlugosz-Lisiecka M., Bem H., 2012. *J. Environ. Monit.*, 2012, 14, 1483.
- Mala H., Rulik P., 2013. Submitted to *Science of the Total Environment*.
- Ringer W., Klimstein J. and Bernreiter M., 2011. *Radioprotection*, vol. 46, n° 6 (2011) S7?S10
- Uematsu M., Merrill J. T., Patterson T. L., Duce R. A., Prospero J. M., 1988. *Geochem. J.*, 22, 157?163.

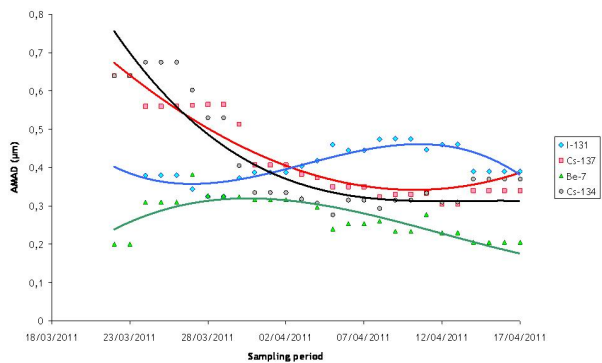
キーワード: Size distribution, Aerosol, Fukushima, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs

Keywords: Size distribution, Aerosol, Fukushima, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs

AAS24-06

会場:105

時間:5月20日 15:35-15:55



137Cs 沈着空間分布に対する発生源情報の時間のずれの影響 The effect of possible time shift of emission from F1NPP on spatial deposition pattern of 137Cs

近藤 裕昭^{1*}
Hiroaki Kondo^{1*}

¹ 産総研

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Spatial deposition patterns of ¹³⁷Cs in east Japan hind-casted by some numerical models so far reported are not always agreed with the monitoring results by the MEXT. There are many unknown processes from the release of radionuclides at the power plant to deposition in the field. In this paper, the source emission estimated by Chino et al. (2011) and by Katata et al. (2012) are shifted at most two hours before and after from the original emission data and results are discussed. The used numerical model is AIST-MM (Kondo et al., 2001), which is a hydrostatic dry-model. The precipitation intensity was introduced with radar-AMeDAS analysis; however, it was not well calibrated due to the destruction of in-situ stations by the earthquake.

The calculated results suggested the earlier release of huge amount of radionuclides in the morning on 15th gave better results.

Reference

- Chino, M. et al. 2011, J. Nuclear Sci. Tech., 48, 1129-1134.
- Katata, G. et al., 2012, J. Environ. Radioactivity, 109, 103-113.
- Kondo, H. et al., 2001, J. Meteor. Soc. Japan, 79, 11-21.

キーワード: F1NPP, ¹³⁷Cs, Time shift of source emission, deposition pattern
Keywords: F1NPP, ¹³⁷Cs, Time shift of source emission, deposition pattern

鉛直一次元モデルを用いた地表面から飛散したダスト粒子による放射性物質の再浮遊の推定

Evaluation of radioactivity resuspension by mineral dust particles from ground surface using a 1-D vertical model

石塚 正秀^{1*}, 三上 正男², 田中 泰宙², 五十嵐 康人²

Masahide Ishizuka^{1*}, Masao Mikami², Taichu Tanaka², Yasuhito Igarashi²

¹ 香川大学, ² 気象研究所

¹Kagawa University, ²Meteorological Research Institute

2011年3月の福島第一原子力発電所の事故により放出された放射性核種は、森林や水田などの様々な地表に沈着しており、二次放出として強風により再浮遊することが危惧されている。本研究では、地表面近くの土壤に吸着した放射性核種が風によって飛散することによって生じる大気への再浮遊の推定を試みた。推定のために、鉛直一次元モデルを構築し、sand、loamy soil、silty clay loam、clayなどの土壤タイプによる放射能の違いについて検討を行った。推定された結果は、現在、福島県浪江町津島地区で行っている現地観測の結果と比較し、モデルパラメータの妥当性について評価を行った。

キーワード: 福島原発事故, 放射性エアロゾル, 1次元モデル, 再浮遊, 鉱物性ダスト, ダストエミッション

Keywords: the Fukushima Accident, Radioactive aerosol, 1-D model, Resuspension, Mineral dust, Dust emission

福島原発事故後の福島市内と茨城県南西部のSPM測定地点における2011年3月15-23日の大気中Cs-134とCs-137濃度の時間変化 Hourly atmospheric Cs-134 and Cs-137 at SPM monitoring stations in and south of Fukushima after the FD1NPP accident

鶴田 治雄^{1*}, 大浦泰嗣², 海老原 充², 大原利真³, 中島映至¹

Haruo Tsuruta^{1*}, OURA, Yasuji², EBIHARA, Mitsuru², OHARA, Toshimasa³, NAKAJIMA, Teruyuki¹

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 首都大学東京, ³ 国立環境研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, ² Tokyo Metropolitan University, ³ National Institute for Environmental Studies

1. 目的: 東京電力福島第一原子力発電所の事故直後に放出された放射性物質の、大気中濃度の時系列データは、原発からの放出率の推定、初期内部被ばく量の評価、及び大気輸送モデルの検証に、必要である。そこで日本の各自治体による大気環境常時測定局で使用されている、線吸収法浮遊粒子状物質 (SPM) 自動測定機における、使用済みテープろ紙に採取された放射性物質のテスト分析を行った。

2. 方法: (1) 福島市内3局 (古川、森合、南町) と茨城県南西部4局 (土浦中村南、土浦保健所、つくば高野 (3月15日16時からろ紙が存在)、下妻) の2011年3月15-23日の1時間毎のSPM計使用済みろ紙をGe検出器で分析し、検出された大気エアロゾル中のCs-134とCs-137濃度を解析した。(2) 空間線量率は、紅葉山公園 (福島市) と高エネルギー加速器研究機構 (KEK; つくば市) での測定データを用いた。(3) 気象データは、AMeDAS地点 (福島、館野、下妻) の風向風速と降水量、及び館野での気温と風向風速の鉛直分布を使用した。

3. 結果と考察: (1) 相互の距離が3km前後に位置する福島市内3局での大気中のCs-137は、10 Bq m⁻³以上の高濃度が2回見られた。3月15日18時~3月16日3時まで10-30 Bq m⁻³の高濃度が10時間続き、夕方からの降水により大気中の放射性物質の一部が地表面に沈着したため、空間線量率は、夕方から急増して夜中に最高となり、その後徐々に減少した。また、3月20日15時~3月21日6時まで、10-50 Bq m⁻³と前期間より高濃度が16時間続いたが、この期間は降水がなかったため、空間線量率は変化しなかったため、これまで見過ごされていた可能性がある。両期間とも午後阿武隈高地を越えて輸送された汚染気塊は、夜中に風が弱くなったため、福島盆地に滞留したと推測される。(2) 茨城県南西部では、汚染気塊のプルームが短時間 (1-4時間) に通過して、Cs-137が10 Bq m⁻³以上の高濃度が3回測定された。Cs-137濃度は全局とも、3月15日9-10時に50-150 Bq m⁻³の高濃度を示し、3月20日14-15時のピーク時は10-40 Bq m⁻³だった。一方、3月21日7-10時には、土浦保健所と土浦中村南だけ約300 Bq m⁻³の高濃度だったが、つくば高野と下妻では濃度の増加は見られなかった。降水は、館野と下妻では同じ時間変化を示したが、地表付近の風向は、異なっていた。これらの地点間の違いは、文部科学省の航空機マッピング調査による、この地域での放射性物質沈着量の違いとよく対応しており、後者の地域では、汚染気塊のプルームが通過しなかったためと推測された。(3) 原発から北西方向に60km離れた福島市内で、170kmも遠い茨城県南西部よりも、Cs-137の高濃度の持続時間は長かったが最高濃度が低かった主な原因は、放出率の時間変化だけでなく、地形と関係した気象場によることがわかった。

謝辞: SPM計の使用済みテープろ紙を提供して下さった福島県と茨城県、およびその保存に関してご尽力くださった、愛媛大学若松伸司教授をはじめとする多くの方々に、深く感謝申し上げます。

キーワード: 大気中Cs-137, 福島市, 気象, 地形, 時系列

Keywords: Atmospheric Cs-137, Fukushima city, Meteorology, Topography, Time series

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に関わる要因と飛散係数の推定

Re-suspension processes of radioactive cesium emitted by the FNDPP accident

北 和之^{1*}, 田中 美佐子¹, 木名瀬 健¹, 出水 宏幸², 五十嵐 康人³, 三上 正男³, 吉田 尚弘⁴, 豊田 栄⁴, 山田 桂大⁴, 篠原 厚⁵, 川島 洋人⁶, 恩田 裕一⁷

Kazuyuki Kita^{1*}, Misako Tanaka¹, Takeshi Kinase¹, Hiroyuki Demizu², Yasuhito Igarashi³, Masao Mikami³, Naohiro Yoshida⁴, Sakae Toyoda⁴, Keita Yamada⁴, Atsushi Shinohara⁵, Hiroto Kawashima⁶, Yuichi Onda⁷

¹ 茨城大学理学部, ² 茨城大学工学部, ³ 気象研究所, ⁴ 東京工業大学総合理工学研究科, ⁵ 大阪大学理学系研究科, ⁶ 秋田県立大学, ⁷ 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター

¹ Faculty of Science, Ibaraki University, ² Faculty of Engineering, Ibaraki University, ³ Meteorology Research Institute, ⁴ Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, ⁵ Graduate school of Science, Osaka University,

⁶ Akita Prefectural University, ⁷ Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, Tsukuba University

背景・目的

東京電力福島第一原子力発電所の事故によって、原子炉施設から多量の放射性物質が周辺地域に飛散・拡散し土壌や植生に沈着した。地表に沈着した放射性核種が今後どのように移行するか定量的に理解していくことが、モデル等により今後の推移を理解する上で重要である。移行経路の一つとして重要な地表から大気への再飛散の定量化のため、地表から大気中への放射性セシウムの飛散のメカニズムおよび放出フラックスの推定が本研究の目的である。

観測

2011年7月より川俣町山木屋地区での2カ所において、それぞれハイボリュームエアサンプラーによって大気中に粒子(エアロゾル)状で浮遊している放射性核種による放射能濃度を測定するとともに、ステンレスの大型バットを用いたパッシブサンプラーにより大気から地表に沈着する放射性核種のフラックスを測定した。さらに、2012年12月より、浪江町下津島地区において7台のハイボリュームエアサンプラーによって大気エアロゾル状で浮遊している放射性核種による放射能濃度を24時間の時間分解能で測定するとともに、カスケードインパクト1台によりエアロゾル粒径毎の大気放射能濃度を1週間から2週間の時間分解能で測定している。同時に、パッシブサンプラーによる放射性核種の沈着フラックスを測定するとともに、土壌水分と風速など気象要素を自動気象ステーション(AWS)にて、飛散する砂の量を飛砂カウンターにて、エアロゾル粒子の粒径別濃度を電子式陰圧インパクト(Electric Low-Pressure Impactor, ELPI)、黒色炭素エアロゾル濃度および硫酸エアロゾル濃度をそれぞれブラックカーボンモニタおよびサルフェートモニタにて連続的に測定している。ELPIでは、粒径別に分けてエアロゾルを捕集することも可能で、それを電子顕微鏡で観察しどのような粒子が存在しているか確認することもできる。さらに、ハイボリュームエアサンプラーおよびカスケードインパクトで捕集したフィルタ上のエアロゾルについては、抽出しクロマトグラフなどによる化学分析を行う予定である。

結果

2011年9月から11月に山木屋地区の2カ所で測定された放射性セシウムによる大気放射能濃度および沈着フラックスを測定し、放射性セシウムの大気から地表への沈着係数および地表から大気への再飛散係数を推定した。再飛散係数は、地表に存在している放射性セシウムが単位時間あたり飛散する割合で定義される。大気放射能濃度は、ほぼ観測期間全体で、沈着フラックスについては一部の期間について、2カ所の測定値の比は、地表放射性セシウム密度の比と一致しており、再飛散および沈着量がローカルに決まっていることを示しており、この局所的に一様かつ準定常と見なせる場合について再飛散係数を推定することができた。推定値はセシウム-134と137でほぼ一致しており、および2箇所の場所による差は小さい。

さらにこの値の変化について定量的な理解のため、津島地区で比較的高い時間分解能で放射能濃度と関係する諸パラメーターとを同時に測定することで、再飛散のメカニズムの推定とフラックスの変化を定量的に理解したいと考えており、現在集中観測を実施している。その結果については講演会時に報告する。

キーワード: 福島第一原発事故, 環境放射能, 再飛散

Keywords: Fukushima daiichi nuclear plant accident, environmental radioactivity, re-suspension

固相抽出法を用いたエアダストに含まれる放射性ストロンチウムの分析 Radioactive strontium measurement in air dusts using solid-phase extraction

張子見^{1*}, 柿谷俊輔¹, 二宮和彦¹, 高橋成人¹, 山口喜朗², 吉村崇², 齊藤敬³, 北和之⁴, 鶴田治雄⁵, 桧垣正吾⁶, 篠原厚¹
zi jian zhang^{1*}, Kakitani shunsuke¹, Ninomiya kazuhiko¹, Takahashi naruto¹, Yamaguchi yoshiaki², Yoshimu takashi², Saito takashi³, Kita kazuyuki⁴, Tsuruta haruo⁵, Higaki shogo⁶, Shinohara atsushi¹

¹ 大阪大学大学院理学研究科, ² 大阪大学ラジオアイソトープ総合センター, ³ 尚絅学院大学, ⁴ 茨城大学, ⁵ 東京大学大気海洋研究所, ⁶ 東京大学アイソトープ総合センター

¹Graduate School of Science, Osaka University, ²Radioisotope Research Center, Osaka University, ³Shokei Gakuin University, ⁴Ibaraki University, ⁵Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, ⁶Radio Isotope Center, the University of Tokyo

On March 12, 2011, a large amount of radioactive nuclides (I-131, Cs-134, Cs-137, Sr-90, etc) have been released into the environment by the nuclear accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. There are many radioactivity measurement results of I-131, Cs-134, Cs-137 and the other radio nuclides from air dust collected using high-volume air sampler by germanium semiconductor detector soon after the accident. Activity of these radioactive nuclides in air is important for estimation of internal exposure. However, in these nuclides, some pure beta emitter nuclides have not been measurement sufficiently because of the difficult on chemical isolation for beta ray counting. Strontium-90 is considered one of the harmful radioactive nuclides. Biological half-life of Sr-90 is about 50 years for accumulating in born and the high energy beta rays are emitted from Sr-90 and its daughter nuclide Y-90. Therefore, measurement of Sr-90 is important for calculating exposure. We developed a new strontium isolation technique using solid-phase extraction for determination Sr-90 by liquid scintillation counter (LSC). The technique is simply and quickly for isolating Sr with high-yield.

In this study, we used 3M EmporeTM Strontium Rad Disk to extract strontium ion from acid solution. However, Pb²⁺ ion is also extracted by the disk and Pb-210 interference in radioactive Sr identification. To separate Pb-210, cation exchange is used. 0.02 M EDTA solution can elute Sr ion from the disk. HNO₃ was added to the EDTA solution and passed through cation exchange column with 5% EDTA solution (pH5) to separate Pb. Strontium was eluted by (1+3) HCl. The time of chemical operation for this technique is 3-4 hours without acid treatment and the yield is about 90 %. To determine Sr-90, Cherenkov light of Y-90 has been measured by LSC. With sequential measurement, the growth curve of Y-90 was described to determinate activity of Sr-90.

We measured Sr-90 in air dust samples of Hitachi, Kawasaki and Osaka. The result of Hitachi is shown in Fig.1. In Hitachi, the Sr-90 activity concentration in air is decreased with time and the ratio of Sr-90/Cs-137 is about 10⁻³. It is possible that after April, Sr-90 has been the same behavior of Cs-137. We will discuss about time variation of radionuclides activity of Sr-90 and proportion of Sr-90 to Cs-137.

Sampling date	⁹⁰ Sr Bq/m ³	error %	⁹⁰ Sr Bq/ ¹³⁷ Cs Bq	error %
2011/4/9	1.5E-03	2.5%	1.6E-03	10.3%
2011/4/18	3.7E-04	2.4%	1.1E-03	10.3%
2011/5/21	6.3E-05	4.7%	3.7E-03	11.0%

Fig.1. The results of Hitachi air dust samples

放射性物質の大気沈着・拡散過程および陸面相互作用の理解 Atmospheric-Terrestrial Interactions in Radioactive Pollution by the Fukushima Accident

五十嵐 康人^{1*}, 北 和之², 吉田 尚弘³, 山田 桂大³, 三上 正男¹, 足立 光司¹, 関山 剛¹, 眞木 貴史¹, 田中 泰宙¹, 財前 祐二¹, 石塚 正秀⁴, 里村 雄彦⁵, 中井 泉⁶, 阿部 善也⁶, 西口 講平⁶, 宇谷 啓介⁶, 川島 洋人⁷, 山田 豊⁸, 羽田野 祐子⁹, 大河内 博¹⁰

Yasuhito Igarashi^{1*}, Kazuyuki Kita², Naohiro Yoshida³, Keita Yamada³, Masao Mikami¹, Kouji Adachi¹, Thomas Sekiyama¹, Takashi Maki¹, Taichu Tanaka¹, Yuji Zaizen¹, Masahide Ishizuka⁴, Takehiko Satomura⁵, Izumi Nakai⁶, Yoshiya Abe⁶, Kohei Nishiguchi⁶, Keisuke Utani⁶, Hiroto Kawashima⁷, Yutaka Yamada⁸, Yuko Hatano⁹, Hiroshi Okochi¹⁰

¹ 気象研究所, ² 茨城大学, ³ 東京工業大学, ⁴ 香川大学, ⁵ 京都大学, ⁶ ジェイ・サイエンス, ⁷ 秋田県立大学, ⁸ 理化学研究所, ⁹ 筑波大学, ¹⁰ 早稲田大学, ¹¹ 名古屋大学

¹ Meteorological Research Institute, ² Ibaraki University, ³ Tokyo Institute of Technology, ⁴ Kagawa University, ⁵ Kyoto University, ⁶ J-Science, ⁷ Akita Prefectural University, ⁸ RIKEN, ⁹ University of Tsukuba, ¹⁰ Waseda University, ¹¹ Nagoya University

著者らは、1) 福島事故により大気中に放出された放射性核種の物理・化学性状とその成因を理解すること(一次放出)、2) 大気輸送・拡散モデルの精度向上と、それを用いた事故放出量の推定に寄与すること、3) 陸域への沈着と大気中への放射性核種の再飛散とその物理・化学性状、放出源(二次放出)を理解し大気・陸面相互作用を定量化すること、を目的として科研費研究班を組織した。最終的には、放射性物質の大気・陸域・水圏の移行モデルの確立や、呼吸による内部被ばく量推定の基礎データにも寄与することを目指すとともに、内部被ばくに係わる大気放射能の情報を社会に提供し、国民の安全・安心の確保に貢献することを大目標としている。

この計画では、異分野の最新手法を融合させた総合的な調査研究手法・体制で研究を推進し、具体的には以下のテーマを設定している。

1) 福島第一原子力発電所の周辺、特に放射性物質の沈着により空間線量の高い地点で、継続的に大気エアロゾル及びガス状の放射性物質を捕集し、その濃度変動を明らかにする。

2) 事故直後から捕集されてきたサンプルを分析し、放射性核種の詳細、粒径分布・化学成分や同位体比率との相関など放射性物質の物理的・化学的性状を理解する。

3) 上記汚染地域に観測フィールドを設定し、各種条件下での放射能濃度変化および土壌粒子やエアロゾルの飛散を気象要素・土壌水分などとの同時観測を行い、さらに必要に応じ条件をコントロールした飛散実験を行い、土壌からの放射性物質の再飛散プロセスを理解する。その際に最新の質量分析手法を応用し、大気エアロゾル粒子中の核種や元素を直接測定し、気象要素などとの関係を明確化する。

4) スギなどの花粉、植物表面のワックス状物質などの飛散など、生態系から大気へと供給される放射性物質の物理・化学形態と放出フラックスの定量化を行う。

5) 降水中の放射能濃度と大気中濃度との比較およびモデルとの比較により、現在仮定されている放射性物質の湿性沈着量の妥当性を検証する。

6) 各活動で得られた結果とモデル計算を比較し、大気中での輸送・拡散・沈着過程の定量化の精度向上を図り、陸面との相互作用を定量化するため再飛散過程をモデル化する。

本発表においては、上記研究計画の概要を紹介し、福島事故に対応してあるべき大気科学研究の内容について議論を行う。

キーワード: 福島原発事故, 放射性エアロゾル, 一次放出, 二次放出, 再浮遊

Keywords: the Fukushima Accident, Radioactive aerosol, Primary emission, Secondary emission, Resuspension

大気中の放射性塵埃の沈着 Depositions of radioactive dust in the atmosphere

青山 智夫^{1*}, 若月 泰孝¹, 大村 涼子¹, 恩田 裕一¹
Tomoo Aoyama^{1*}, Yasutaka Wakazuki¹, Ryoko Ohmura¹, Yuichi Onda¹

¹ 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター

¹Center for research in isotope and environment dynamics, University of Tsukuba

はじめに

大熊町大野のモニタリングポストは3月16日16時44分まで2分間隔でガンマ線空間線量率を測定した。その記録は2012年7月20日に回復された。そこにはガンマ線スペクトルや気象データが記録されている。それらを分析し放射性物質拡散のモデルを構築して環境汚染の真相に近づきたいと考える。

方法

空間線量率は地上と空間の放射線強度を表す。線源方向の分離はできない。

以下の仮定の下、我々はそれを分離する。

1. 大気中の放射性物質が無視できる時間帯がある。
2. 環境中の放射性物質の減衰式が正確に決定できる。
3. 上記時間帯の降雨量の観測がある。

原発近傍の観測点ではこの仮定が成立する可能性がある。

沈着反復式を

$$Bk(t+1) = \exp\{A(t+1)\} / \exp\{A(t)\} [Bk(t) + \{Dose(t) - Bk(t) - Bg\} Dp], \quad (1)$$

とする。

Dose(t) 空間線量率 (測定値)

Bk(t) 地上の線量率

Bg 前の放射性塵埃の沈着寄与分

Dp 沈着係数 (率), 式(2)の制約条件の下に決定するパラメータ。

式(1)を解くには、放射性塵埃の到達と離脱時刻を決める。これらを t_{start} , t_{end} と書く。

$$Bk(t_{start}) = Dose(t_{start}), \quad Bk(t_{end}) = Dose(t_{end}), \quad (2)$$

減衰式 $\exp\{A(t)\}$ は t_{end} 後の空間線量率変化から決定する。経験式

$$\exp\{At^2 + Bt + C\}, \quad \text{abs}(A) \ll \text{abs}(B), \quad A > 0, \quad B < 0, \quad (3)$$

を推奨する。地上分の近似放射線量

$$\{Bk(t)\}, \quad t_{start} < t < t_{end}, \quad (4)$$

を得ると同時に Dp が求まる。

応用

上記の方法を大野 {37.41N, 140.98E} の観測に適用した。沈着係数は乾燥, 雨検出, 0.5mm 降雨時に 1/109, 1/280 ~ 1/195, 1/21.4 であった。詳細と図等は URL[1] にある。

この係数を使用して福島県中通の空間線量率を推測した。概要を示す。

1. 計算時間 3月15日0時 ~ 3月16日23時, 1.5km 格子。トレーサ Cs-137
2. 大気10層 (529m まで)
3. 各層の地上沈降水量 S_k を式(5)で計算する

$$S_k = Dp * Radi * (Rain + 0.1) ** 0.79, \quad (5)$$

$Dp = 1/280$, 指数 0.79 は文献 [2]。定数 0.1 はパラメータ。Rain は降雨シミュレーション値の 6000 倍。Radi はトレーサの各層の濃度。地上の汚染量を大気層 10 層の合計とした。

この地上沈着分は単位時間に関するものである。放射性物質の崩壊により線量は $\exp(-At)$ で減衰する。

福島, 郡山, 白河, 田村船引の4都市の3月16日4時の線量率は 2.93, 0.96, 1.73, 1.12 micro Sv/h となった。観測値は 2.92, 0.98, 1.41, 1.03 である。

発展

観測空間線量率には地上沈着分の他に空間からの寄与 G_k がある。ゆえに式 (5) は本来

$$S'_k = S_k + G_k, \quad (6)$$

である。 G_k の詳細と式 (5) の各定数をパラメータとみなし最適化を実施中である。

その最適化式により福島県山岳地帯の汚染量シミュレーションを計画している。

まとめ

1. 空間線量率から降雨時の沈着係数を決定した。
2. 短半減期の放射性物質質量が無視できる状況で福島県中道の空間線量率を計算した。実測との一致は良好であった。

論理の流れは

1. 原発近傍の空間線量率観測から仮定に基づいて放射性物質沈着に関するパラメータを計算,
 2. 降雨 + トレーサ・シミュレーションの結果から上記パラメータを使用し, 原発から数十 km 離れた地点の空間線量率を逆計算,
- である。

Reference

[1] <http://suspendedparticulatematter.web.fc2.com/> のリンク

Analysis of Ohno-point in Fukushima: OhnoPoint.doc

[2] B.Sportisse, A review of parameterizations for modelling dry deposition and scavenging of radionuclides, Atmospheric Environment 41, pp. 2683-2698.

キーワード: 放射性 SPM, 沈着, 空間線量率

Keywords: radioactive SPM, deposition, ambient dose rate

放射性核種エアロゾルの濃度を確率過程とした揺らぎに関する評価 Evaluation of fluctuation in the concentrations of radioactive aerosols as a stochastic process

市毛 裕之^{1*}
Hiroyuki Ichige^{1*}

¹ 筑波大学大学院システム情報工学研究科

¹ Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

It is an important task to estimate the future state of the polluted site near the Fukushima plant.

The major method for predicting the future concentration of radioactive aerosols is, as well known, the computer simulations that are based on the numerical fluid dynamics. Those simulations are an effective and powerful, but we propose a different approach.

In the present study we deal with a phenomenological model that considers stochastic processes.

At the Fukushima accident, a lot of radionuclides have released into the atmosphere. The diffusion process of such nuclides is complicated and is not described in the usual diffusion equation. Furthermore, the measured aerosol concentration varies a lot day by day, depending on the meteorological condition. On a day of high concentration, the risk, especially the internal exposure risk, becomes large.

This research aims at developing a new model that can evaluate the magnitude of fluctuations in the concentration of radioactive aerosols. In our previous studies, we derived a formula $C(t) \sim \exp(-at) t^{-b}$

which reproduce the long-term, averaged concentration of aerosols. In the present study, we make a model to reproduce the day-by-day fluctuations and thereby evaluate the deviations from the averaged behavior.

We assume that the logarithm of the day-by-day concentration changes as the Brownian motion. We found that the log-concentration can be well approximated by the Ornstein-Uhlenbeck process, one of the stochastic processes.

We solved a stochastic differential equation of the process and obtained the analytical solution. The solution shows that the increments between observations follow the log-normal distribution. Both the mean and the variance of the distribution do not depend on time; both of them serve as fixed values.

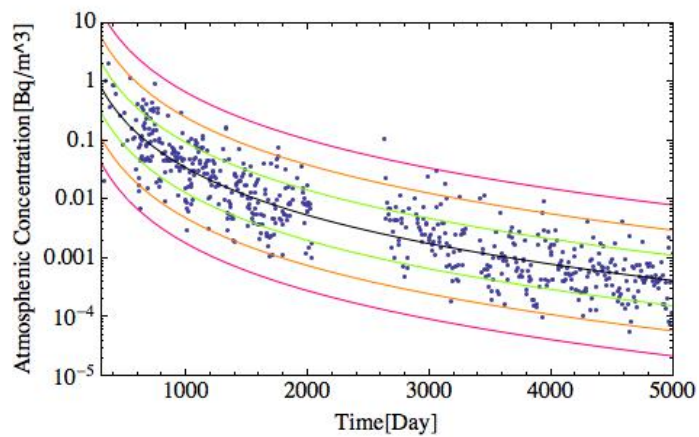
Finally, we make a figure (below) in which the long-term concentrations together with the range of their fluctuations every standard deviation.

Keywords: predicting the future, fluctuations in the concentration of radioactive aerosols, stochastic processes, Ornstein-Uhlenbeck process, log-normal distribution

AAS24-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月20日 18:15-19:30



レビフライトモデルによる放射性核種濃度の長期・広域拡散予測 Long term and wide prediction of radioactive diffusion by means of levy flight model

志賀 祐紀^{1*}

Yuki Shiga^{1*}

¹ 筑波大学大学院

¹ Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

We applied the Levy-flight model for estimating the special distribution of surface radioactivity in Fukushima. The reason why we use the Levy-flight model is that the data, measured in the 50 km vicinity of Chernobyl, follow the model.

We analyze the data of Chernobyl and found that the surface concentration of a specific radionuclide, such as Cs-137, decreases with the power law (that is one of the characteristics of the Levy-flight model) as the distance from the hypocenter increases. Of course, the surface concentration should be strongly site-specific, depending on many conditions, especially geomorphological or meteorological. However, we would think that it is still useful to make a rough estimate of the spatial distribution of the pollution.

The Levy-flight model is one of the stochastic models. A Levy flight is a random walk in which the step-lengths have a certain probability distribution that is fat-tailed. In the present study we use the power function as the probability distribution. In the two-dimensional space, the steps made are in isotropic random directions. The trajectories of Levy flight are a mix of long and short trajectories. The difference of this model from the ordinary Brownian motion is that the Levy flight produces extremely long trajectories sometimes. Such kind of randomness can be found in turbulent fluids. It is also known that the Levy flight is related with the fractal science. Some studies show that a fractional-differential equation corresponds to the density of particles which are doing Levy flights.

In the following, we explain how we apply the Levy-flight model to the surface radioactivity. We assume that the radionuclides, which had been deposited on the ground, spread mainly by wind. According to the studies about resuspension, it is known that resuspension occurs when the wind velocity is larger than a threshold value. If the wind velocity is below the threshold, radionuclides are not suspended in the air and do not move. We regard the movements of suspended nuclides as the long flights of Levy flights, because the radionuclides are carried for a long distance during suspension. Immobile nuclides are regarded as short Levy flights. Artificial disturbances such as agriculture or traffic should be affect significantly to the movement of radionuclides. However, we assume them negligible, since we deal with a wide-range behavior of radionuclides in this study. In wide region such as 30 km, artificial disturbances may be small enough, compared with natural winds that blows all over the region, and all time.

The procedure of our calculation is as follows. We define the parameters of Levy flights, using the measured data of Chernobyl. The probability of existence of a particle of the Levy flight corresponds to the surface concentration. Then we calculate the special- and temporal evolution of the concentration by means of solving numerically a fractional-differential equation. Following Grunwald-Letnikov formula, we use the software Mathematica and obtained the special distribution of the surface concentration.

キーワード: 放射性核種, レビフライト, 福島, チェルノブイリ, 数値シミュレーション
Keywords: radionuclide, Levy flight, Fukushima, Chernobyl, simulation

福島市、日立市、丸森町における Cs-134, -137, Be-7 の大気中放射能の測定 Radioactivity measurements for air-dust samples around Fukushima prefecture

二宮 和彦^{1*}, 柿谷 俊輔¹, 張 子見¹, 高橋 成人¹, 篠原 厚¹, 齊藤 敬², 鶴田 治雄³, 渡邊 明⁴, 北 和之⁵, 桧垣正吾⁶
Kazuhiko Ninomiya^{1*}, KAKITANI, Shunsuke¹, ZHANG, Zijang¹, TAKAHASHI, Naruto¹, SHINIHARA, Atsushi¹, SAITO, Takashi², TSURUTA, Haruo³, WATANABE, Akira⁴, KITA, Kazuyuki⁵, HIGAKI, Shogo⁶

¹ 大阪大学大学院理学研究科, ² 尚絅学院大学, ³ 東京大学大学大気海洋研, ⁴ 福島大学, ⁵ 茨城大学, ⁶ 東京大学 RI センター
¹Graduate School of Science, Osaka University, ²Shokeigakuin University, ³Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, ⁴Fukushima University, ⁵Ibaraki University, ⁶Radioisotope Center, University of Tokyo

東日本大震災を原因とする福島第一原子力発電所の事故により、大量の放射性物質が環境中に拡散した。我々はこれら放射性物質の環境中での沈着や、再浮遊といった移動過程の評価のために、福島県福島市、茨城県日立市、宮城県丸森町における大気中エアダストの放射能測定を継続して行っている。

大気中の放射性物質濃度は、高純度半導体ゲルマニウム検出器にて定量した。134Cs および 137Cs の定量に加えて、環境中のグローバルな大気中浮遊塵の移動のモニターとして、7Be の定量も行った。

講演ではこれら放射性物質の濃度の場所依存と時間変化、また 7Be との相関について議論する。

キーワード: 大気中浮遊塵, 放射能, 放射能測定

Keywords: Air dust, Radioactivity, Radioactivity measurement