

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.

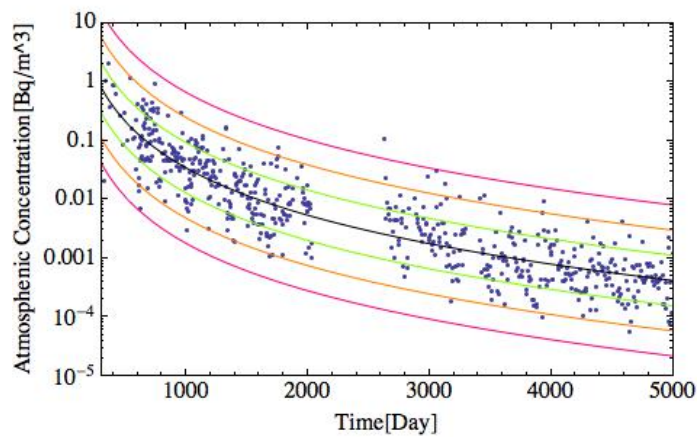
Finally, we make a figure (below) in which the long-term concentrations together with the range of their fluctuations every standard deviation.

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