

Simulation of dispersion of radionuclides released from the Fukushima Daiichi Nuclear Power-Plants Simulation of dispersion of radionuclides released from the Fukushima Daiichi Nuclear Power-Plants

YOUNGJIN CHOI^{1*}, Shinichiro Kida¹, Keiko Takahashi¹
CHOI, YOUNGJIN^{1*}, KIDA, Shinichiro¹, TAKAHASHI, Keiko¹

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

We use a numerical model to investigate the dispersion of radioactive water released from the Fukushima Daiichi Nuclear Power-plants (FDNP) on March 2011. The numerical model is based on a three dimensional particle random-walk model and a z-coordinate ocean general circulation model developed at the Earth Simulator Center, JAMSTEC. Radionuclide concentrations are obtained from the density of particles per unit volume water. Experiments have been carried out for ¹³⁷Cs for 4 months and the results show that coastal currents and meso-scale open oceanic eddies having large influence on the behavior of the radionuclides. The radionuclides in coastal currents remain along the coast where as the one in meso-scale open oceanic eddies rapidly escape to the interior of the Pacific along the Kuroshio extension. Most of the sediment accumulations of the radionuclides are found on the continental shelf regions.

キーワード: radioactive water, Fukushima Daiichi Nuclear Power-Plants, radionuclide dispersion model, ocean general circulation model

Keywords: radioactive water, Fukushima Daiichi Nuclear Power-Plants, radionuclide dispersion model, ocean general circulation model

西部北太平洋の沈降粒子中に含まれる福島起源放射性セシウムに関する研究 Radiocesium released from Fukushima was contained in the sinking particles in the western North Pacific.

川上 創^{1*}, 本多 牧生¹, 渡邊 修一¹, 才野 敏郎¹

KAWAKAMI, Hajime^{1*}, HONDA, Makio¹, WATANABE, Shuichi¹, SAINO, Toshiro¹

¹ 海洋研究開発機構

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

We carried out the sediment trap experiments in the western North Pacific during autumn 2010 and summer 2011. The sinking particles were collected in the area before and after the accident of Fukushima Dai-ichi nuclear power plant (FNPP). Cs-137 and Cs-134 were detected in the sinking particles at 500 and 4810 m depth after 25 March and 6 April forward, respectively. Because Cs-134/Cs-137 ratios were approximately 1.0, we assumed that these radioisotopes were released from FNPP. Using the time lag of the initial detection of radiocesium between 500 and 4810 m depth, the particle sinking rate was estimated as >180 m/day.

キーワード: 福島原発, 放射性セシウム, 沈降粒子

Keywords: Fukushima nuclear power plant, radiocesium, sinking particle

福島第一原子力発電所事故での福島市への放射性物質拡散 Transport of the Radioactive Materials to Fukushima City in the Fukushima Nuclear Accident

太田 直樹^{1*}, 里村 雄彦¹

OHTA, Naoki^{1*}, SATOMURA, Takehiko¹

¹ 京都大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Kyoto University

平成 23 年 3 月 11 日に起きた地震およびそれに伴う津波により、福島県太平洋岸に位置する東京電力株式会社福島第一原子力発電所で、周辺環境に対して大量の放射性物質が流出する事故が起きた。大気中に放出された放射性物質は、空気の流れに乗って拡散し地面に沈着する事で、広く社会に影響を及ぼす事になった。本研究では、この事故を受けて放射性物質の大気拡散シミュレーションを行い、放射性物質がどのようにして太平洋側に位置する原子力発電所から福島県の内陸へと輸送されていったかを調べた。特に、福島県内において放射線量の急激な増加が観測され、また長時間にわたって放射線量の高い状況が持続した福島市にどのような経路で放射性物質が輸送されてきたのかを検討した。

放射性物質の拡散シミュレーションを行うにあたり、本研究では気象モデルである Weather Research & Forecast (WRF) モデルを使用して、放射性物質が流れ出た大気場の再現を行った。その後、放射性物質に見立てた粒子を原子力発電所から放出し、WRF によって再現された大気場の中をラグランジュ式に粒子の移流拡散計算を行うことで、空間に広がっていった放射性物質の拡散シミュレーションを行った。この移流拡散計算では、風速による粒子の移流と拡散係数を用いたランダムウォーク型の拡散計算を取り入れた。また、今回行った移流拡散計算では、放射性物質が重力によって地面に落ちる効果を考慮するために乾性沈着を取り入れて計算を行った。

この拡散シミュレーションの結果、原子力発電所から放出された放射性物質は 15 日の 14 時頃と 19 時頃に内陸に進行し、福島市まで運ばれていく事を確認した。また、福島市に大量の放射性物質が到達した時間は、先ほど述べた放射線量が急激に増大した時間とほぼ同時刻である事がわかった。さらに気象庁の観測によると、この時間帯には降水が観測されている。そのため、降水による湿性沈着によって福島市において大きな放射線量を観測するに至ったと考えられる。

次に、福島市に到達するこの放射性物質が何処から運ばれてきたのかを見てみると、いわき市から阿武隈高地を越えて運ばれてきている事がわかり、また高地においてその地形的効果によって地表面付近を飛んでいた放射性物質が高度 1,000m~1,500m という上空まで持ち上げられている事がわかった。さらに、気象モデルの解析から、この中通りに放射性物質が侵入してきた時間帯は、地表面付近では弱い北風が吹いているが、一方で、放射性物質が輸送された高度 1,500m 付近は南風という環境であった。そのため、この上空の南風によって多くの放射性物質が福島市方面へと流されていった事がわかった。

本研究によって、福島市で放射線量が増大するまでにどのようにして放射性物質が輸送されてきたのかを明らかにする事が出来た。その過程において、阿武隈高地による地形の効果から、地表面付近を移流していた放射性物質が上空まで輸送されたことにより、上空の風によって福島市まで流れていった。さらには、降水によって上空に運ばれた放射性物質が福島市に沈着した事も示唆出来た。

キーワード: 放射性物質, 移流拡散, 数値計算, 地形

Keywords: Radioactive Material, Dispersion, Numerical Simulation, Topography

福島県域の2011年3月の降水解析

Quantitative analysis of precipitation over Fukushima to understand the wet deposition process in March 2011

谷田貝 亜紀代^{1*}, 恩田 裕一¹, 渡邊 明²

YATAGAI, Akiyo^{1*}, ONDA, Yuichi¹, WATANABE, Akira²

¹ 筑波大学生命環境系, ² 福島大学理工学群共生システム理工学研究科

¹ Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ² Graduate School of Symbiotic Systems Science, Fukushima University

一般に、大気中を運ばれた放射性物質の降下(フォールアウト)は、降水等に伴う湿性沈着が乾性沈着を上回るとされている。福島第一原子力発電所の事故発生当初の放射性物質の大気拡散輸送過程について、航空機や土壌調査による空間放射線量の分布との対比が試みられており、日本原子力研究開発機構は、原子力発電所の北西地域や中通りの空間線量のほとんどが、降水による湿性沈着による放射性核種からの寄与であると指摘している。このため、福島県で事故発生後のまとまった降水(降雪)がみられた3月15日夕方から16日、およびそれ以降の3月中の降水過程の理解が、汚染物質の沈着状況を推定し、大気拡散過程の再現やソースの推定には極めて重要である。複雑な地形域でのホットスポットを含むフォールアウトの解析や、降水強度の大気モデルへの同化まで視野に入れると、空間・時間分解能が高い降水量データの利用が望ましい。

そこで、2011年3月11日から31日にかけての、福島県域の既存雨量計観測データおよび福島大学レーダデータを整理解析した。図1に入手した雨量計データ地点と福島大学Xバンドレーダの観測範囲を、図2にXバンドレーダの降雨観測例(3月16日0時0分~同日0時10分)を示す。

雨量計データは、テレメータ雨量計(図1)は1時間値、それ以外は10分間隔でのデータが得られるが、ここでは品質管理の後、1時間ごとの0.05度メッシュデータとして内挿整理した。レーダは約30秒間隔の観測値を250mメッシュ、10分値として整理した(図2)。気象庁レーダアメダス雨量計と比較したところ、全般的な降水分布はレーダアメダスで表現されているが、中道の降水量や細かい降雨構造は福島大学レーダでよりよく表現されている。レーダ降水のタイミングはほぼ一致しているが、山木屋地区雨量計では0ミリと記録された時間帯があり、一方で福島大学レーダの降水量は、特に降雪時に過大評価していると評価されるものもあり、現在絶対値は調整中である。

なお、本研究は、大学連合チームによる「放射性物質による環境影響への対策基盤への確立」移行調査(<http://fmwse.suiri.tsukuba.ac.jp>)の一環で実施しており、福島県川俣町山木屋地区を対象にフィールド調査を実施している。このため、発表時には、山木屋地区周辺に焦点をあて、トラジェクトリー解析などと合わせて結果を報告する予定である。

キーワード: 降水, 降雪, 湿性沈着, フォールアウト, 大気拡散, レーダ

Keywords: precipitation, snowfall, wet deposition, fallout, radar, Fukushima

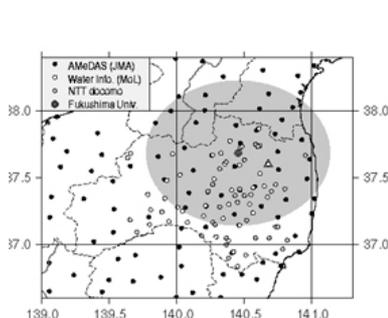


図1 気象庁 AMeDAS, 国土交通省テレメータ雨量計, NTT docomo 環境センサーネットワーク, 福島大学の雨量計地点(凡例参照)とレーダ観測範囲(灰色)。△は山木屋雨量計地点。

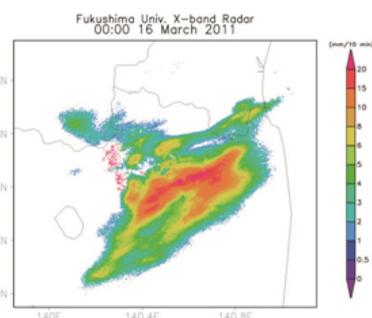


図2 福島大学 Xバンドレーダ降水強度。レーダ設置箇所は図1の◎(Fukushima Univ.)。安達太良山等のランドクラフタの除去や山影の処理は適用していない。

東北地方太平洋沖地震前後の大気電気学的変化について Atmospheric electricity changes around the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earth-quake

大山 佳織^{1*}, 服部 克巳¹, 市川 卓¹, 古屋 隆一²

OYAMA, Kaori^{1*}, HATTORI, Katsumi¹, ICHIKAWA, Takashi¹, FURUYA, Ryuichi²

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² コムシステム株式会社

¹Cchiba Univ., ²COM SYSTEM, INC.

我々は地圏 大気圏 電離圏結合 (LAI カップリング) の検証のため、東京都及び房総半島で大気電気学的パラメータを観測している。具体的には大気イオン濃度を東京都昭島市、千葉県鴨川市清澄山、内浦山の3地点で、大気電場を千葉市稲毛区の千葉大学西千葉キャンパス及び清澄山の2地点で観測している。清澄観測点では大気イオン濃度と大気電場に加えて気象要素(気温、湿度、降水量)を同時観測しているため、それぞれの値の変動の関係を検証できる。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震後に、我々の観測点で得られた大気電気学的パラメータに顕著な変動が見られた。これは福島第一原子力発電所事故により大気中に放出された放射性物質に応答したものと考えられる。3月15日早朝の関東地方への放射性物質の到来に対応して、大気イオン濃度の上昇、大気電場の減少が観測された。各観測点で観測された大気電気学的パラメータに加え、データが公開されている最寄りのモニタリングポストの空間放射線量率を用いて値の変動について考察する。

詳細な解析結果は当日の発表にて報告する。

スギ花粉による放射性セシウム飛散緊急調査結果速報

A quick report of measurement to estimate scattering of radioactive Cs with Japanese cedar pollen

田中美佐子^{1*}, 佐藤 かおり¹, 北 和之¹, 恩田 裕一², 末木 啓介², 篠原 厚³, 横山 明彦⁴, 鶴田 治雄⁵, 長林 久夫⁵, 渡邊 明⁶, 中澤 高⁸, 吉田 尚弘⁹, 連携緊急放射性物質サンプリングチーム¹⁰
TANAKA, Misako^{1*}, SATO, kaori¹, KITA, Kazuyuki¹, ONDA, Yuichi², Keisuke Sueki², Atsushi Shinohara³, Akihiko Yokoyama⁴, TSURUTA, Haruo⁵, Hisao Nagabayashi⁵, WATANABE, Akira⁶, NAKAZAWA, Takakiyo⁸, YOSHIDA, Naohiro⁹, Monitoring team of Radioactives¹⁰

¹茨城大学理学部, ²筑波大学, ³大阪大学, ⁴金沢大学, ⁵東京大学大気海洋研究所, ⁶福島大学, ⁷日本大学, ⁸東北大学, ⁹東京工業大学, ¹⁰日本地球惑星科学連合-地球化学会-放射化学会

¹Faculty of Science, Ibaraki University, ²Tsukuba University, ³Osaka University, ⁴Kanazawa University, ⁵AORI, University of Tokyo, ⁶Fukushima University, ⁷Nihon University, ⁸Tohoku University, ⁹Tokyo Institute of Technology, ¹⁰JPGU-GSJ-JNRS

昨年3月に福島第一原子力発電所の事故で放出された多量の放射性物質・特に放射性セシウムが、土壌のみならず、その周辺地域に生育するスギなど常緑樹に多く付着していることが、これまでの文部科学省他の調査で明らかになっている。植物に付着した放射性セシウムが、植物体内に取り込まれることは、様々な作物から検出されたことから明らかであるが、林野庁による調査によると、放射性物質の沈着の多い地域ではスギ花粉が高濃度の放射性セシウムを含むことも明らかになっている。スギ花粉は、数十km~100km以上に及び飛散することから、放射性物質の飛散に一役買う可能性がある。この飛散は、汚染されたスギが伐採されない限り毎年発生する可能性があると考えられ、その量を実際に測定し把握することは重要である。そこで地球惑星化学連合・地球化学会・放射化学会連携放射能観測チーム（以下連携チーム）では、スギ花粉による大気放射能飛散量を推定しその影響を理解するための基礎データを取得すると共に、できるかぎり早く公開することを目的とし、スギ花粉の飛散が起こる1月から4月まで、スギ花粉濃度と大気放射能濃度の同時観測を実施している。

これまで連携チームによる大気放射能観測が継続されてきた福島、郡山、丸森、および日立の4地点に加え、放射線量の高い地区に近接した福島県川俣町、南相馬市、放射線量が高い地区に近い市街地であるいわき市・日光市および放射線量が高い地区の周辺の都市域として東京（港区）・仙台市の6ヶ所において、スギ花粉の飛散量と大気放射能濃度の同時観測を実施する。福島市および水戸市では、大気エアロゾルの粒径別の放射能濃度測定も実施します。本研究における強化観測期間中、スギ花粉濃度は、株式会社NTTドコモに依頼しその環境センサーネットワークで用いられているスギ花粉カウンター装置によって連続的に測定する。大気放射能濃度の測定は、スギ花粉を含む大気エアロゾルをハイボリュームあるいはローボリュームエアサンプラーによってフィルター上に採取し、そこから放出される放射線強度を高感度のゲルマニウム検出器で測ることで行われる。各調査地点におけるスギ花粉濃度と大気放射能濃度との関係、およびスギ花粉に対応する粒径の大気エアロゾルによる放射能濃度の増加量からスギ花粉による放射性物質飛散量を推定する。

観測は平成24年1月中旬から開始しており、4月下旬まで継続する予定である。現時点では、まだスギ花粉の飛散量が少なく、明確なスギ花粉による放射能濃度の増加は認められていない。今後の観測データにより、各地点でどのように大気放射能濃度が変化するか、またスギ花粉の寄与はどの程度であるか調べ、報告する予定である。

謝辞：本研究は、宮城県丸森町および福島県川俣町の協力を受けています。本研究におけるスギ花粉計測には、株式会社NTTドコモおよび株式会社フィールドプロの支援を受けています。

キーワード: 放射性セシウム, スギ花粉

Keywords: radioactive Cs, Pollen of Japanese cedar

放射性物質長期拡散のモデル化と局地的風向を考慮したレヴィフライトシミュレーション

Modeling of long term diffusion of radioactive materials, and levy flight simulation considering topical wind direction

福地 峻^{1*}, 佐藤 真登¹, 羽田野 祐子¹
FUKUCHI, Shun^{1*}, Masato Sato¹, HATANO, Yuko¹

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

The environment around Fukushima has been contaminated by radioactive materials leaked from the Fukushima 1 Nuclear Power Plant, following the Tohoku earthquake and tsunami on 11 March 2011. Cs-134 and Cs-137 adhered to the ground surface and remain polluting surrounding environment because they have a long half-life. In addition, they diffuse gradually due to resuspension. In this study, we propose the simulation model suited for the long-term diffusion prediction of them, which has not studied enough, and verify the applicability of our model by comparing with measured data.

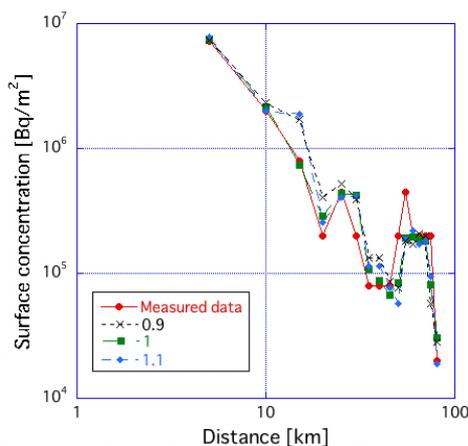
The ground surface concentration of Cs-134 and Cs-137 has been attenuated in a proportion to the power of the distance from the release point in Fukushima. In addition, concentration in the atmosphere has been attenuated following the same law in Chernobyl data. The exponent of distance from release point was about 1 on average in Fukushima. The exponent of distance is constant, regardless of the unit of distance. Levy flight is known as diffusion model showing the power law. A Levy flight equals a random walk in which the step-lengths have a probability distribution function of the power. Therefore, we conducted levy flight simulation regarding the existence probability of the particle as the surface concentration. We reproduced surface concentration on 5 November 2011 by using the initial condition data for 5 July 2011[1]. We used measured data of wind direction in the each step-direction of levy flight because of the wind direction is not isotropic.

The result is shown in Fig. As the result of the simulations, we succeeded in predicting the concentration more accurately than the case in which only decay of radioactive materials was considered. The simulation was the most accurate especially using exponent value 1. More accurate predictions will become possible to study further.

[1] Aircraft monitoring, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology

キーワード: レヴィフライト, 福島, 地表面濃度, 長期拡散予測, セシウム, 放射性物質

Keywords: Levy flight, Fukushima, Surface concentration, Long-term diffusion prediction, Cesium, radioactive material



福島原発事故による I-131 と Cs-137 の土壌への沈着量比 Ratio of I-131 to Cs-137 in deposition rate to soils affected by the accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant

鶴田 治雄^{1*}, 司馬 薫¹, 谷畑勇夫², 藤原 守², 下浦 享³, 篠原 厚², 恩田裕一⁴, 大塚孝治³, 滝川雅之⁵, 中島映至¹
TSURUTA, Haruo^{1*}, SHIBA Kaoru¹, TANIHATA isao², FUJIWARA mamoru², SHIMOURA susumu³, SHINOHARA atsushi²,
ONDA yuichi⁴, OTSUKA takaharu³, TAKIGAWA masayuki⁵, NAKAJIMA teruyuki¹

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 大阪大学, ³ 東京大学原子核科学研究センター, ⁴ 筑波大学, ⁵ 海洋開発研究機構

¹AORI, University of Tokyo, ²Osaka University, ³CNS, University of Tokyo, ⁴Tsukuba University, ⁵Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

2011年3月11日の福島第一原子力発電所事故により、大気中に放出された放射性物質の土壌への沈着量の推定は、人体、作物、河川水や地下水への影響を定量的に把握するために、必要である。そこで、文科省が、2011年6月から7月初めにかけて集中調査を実施し、福島県の中通り以東を2kmメッシュに区切り、各地点で採取した土壌中の放射性核種の分析を行った。それらの公表されたデータ(Csについては8月30日に、I-131については9月21日に、公表された)を用いて、I-131とCs-137の沈着量の比を求めたので、その結果の概要を報告する。(1)土壌へ沈着した137-Csは、すでに報告されているように、原発周辺から北西方向に最大で、そのつぎに福島市から中通りで大きく、原発から南側で中通り以東の、いわき市を含む地域は、それらの地域に比べて少なかった。(2)土壌中の131-Iは、半減期が短いので、定量限界値よりも大きかった地点は、Cs-137よりずっと少なかったが、Cs-137と同様に、原発周辺から北西方向と中通り北部で大きく、また、いわき市でもその次に大きかった。(3)131-Iと137-Csの沈着量比は、詳細に解析した結果、6グループに分類された。A:原発周辺の半径約5-10km以内の地域で、両者の沈着量は最大だった。B:原発から北西方向と福島市から南側の中通りの北部。C:A地域のすぐ南部の10-15kmの地域。D:その南部のいわき市。E:中通り南部と、A地域・いわき市の西側。F:福島県北部の沿岸地域。これらの沈着量比の違いは、発生源からの排出量比、および乾性・湿性沈着による沈着量比によるので、この結果とモデルとの比較は、今後行う予定である。

キーワード: 沈着量比, 土壌, 放射性セシウム 137, 放射性ヨウ素 131, 広域分布, 福島第一原子力発電所

Keywords: deposition ratio, surface soils, Cs-137, I-131, regional distribution, Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant

What could be the consequences of the Fukushima Dai-ichi releases over mountainous areas?

What could be the consequences of the Fukushima Dai-ichi releases over mountainous areas?

Laurent Pourcelot^{1*}

POURCELOT, Laurent^{1*}

¹Institut de Radioprotection et de Surete Nucleaire

¹Institut de Radioprotection et de Surete Nucleaire

Getting a precise idea of the environmental consequences of the accidental nuclear releases like those of Fukushima Dai-ichi on mountainous area required a specific environmental monitoring program. This one could be comparable to that followed in France which mountainous areas have undergone the deposition of man-made radionuclides after the Chernobyl releases...

Field works were carried in mountainous areas where the distribution of artificial radionuclides is extremely heterogeneous. Thus patches or "hot spots" concentrating radiocesium (over 100 kBq.m⁻²) were identified soon after Chernobyl accident in the topographic depressions occurring in meadow areas (over 2,000 m altitude). The aims of the project were (1) to identify the processes which have concentrated the released radionuclides (2) to develop a methodology for the mapping of the contamination of mountainous area. Thus the effect of geomorphology (i.e. the occurrence of snow drifts at glacial terrains depressions, where patches occurred) and the influence of vegetation cover (meadow/forest areas) on the distribution of ¹³⁷Cs have been studied.

In addition, sampling and measurement of the local foodstuff products (such as milk, cheese, berries and games) as well as in situ gamma radiation monitoring were carried out to evaluate the dosimetric consequences for local inhabitants. A special attention has been paid on the activity recorded by milk and cheeses which has been studied at different scales (a single farm, a mountainous region, several massifs, etc.). Also at several stations the activity of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr has been determined in the soil/plant/milk/cheese continuum, demonstrating the sensitivity of the transfer of such man-made radionuclides with respect to environmental conditions and agricultural practices.

キーワード: Radioactive releases, mountainous area, Fukushima Dai-ichi, ¹³⁷Cs

Keywords: Radioactive releases, mountainous area, Fukushima Dai-ichi, ¹³⁷Cs

静岡県周辺の地上放射線量分布と福島原発起源の汚染状況

Dose rate map in and around Shizuoka Prefecture, central Japan, and pollution by Fukushima Nuclear Power Station

小山 真人^{1*}

KOYAMA, Masato^{1*}

¹ 静岡大学防災総合センター

¹ CIREN, Shizuoka University

2011年3月の東日本大震災が引き起こした福島第一原発起源の放射能汚染が、深刻な社会問題となっている。2011年中に実施された文部科学省の航空機モニタリングは汚染の概要を面的に明らかにしたが、感度・分解能の制約により、線量率が $0.1 \mu\text{Sv/h}$ 前後(およびそれ未満)の地域の汚染状況は不明のままである。一方、自治体による地上線量率の測定点は都市部に集中し、郊外や山岳地域のデータに乏しい。そもそも岩石や石材起源の自然放射線によるバイアスを分別する必要があるが、それを考慮した研究はほとんどなされていない。こうした状況をふまえ、演者は2011年7月以降、静岡県・神奈川県西部・山梨県南部にわたる約1000地点の放射線強度を実測し、線量率の空間分布を得たので報告する。測定にはCsI(Tl)シンチレータを用いたクリアパルス社A2700を用い、地上1mの草地上を約1分間測定した。また、数地点においてテクノピー社のTN100(NaI(Tl)シンチレータ)による放射性核種分析をおこなった。

測定中の経験から得た特徴として、線量率は急傾斜地で低く、谷底や窪地で高く、平坦地で中間的な値を示す傾向がある。また、線量率は地表面の構成物とも関係があり、一般に裸地やアスファルト上で低く、草地や石材上で高い。地形・植生との関係は降下火山灰の層厚分布やそれらの保存状況と類似しており、傾斜地や裸地では放射性物質(主としてCsを含む微粒子)が降雨や流水によって低い場所へ移動しつつあることを示す。そこで、降下火山灰の調査と同様に、測定は可能な限り平坦面上の草地を選んで実施し、降下当時の分布状況の復元をめざした。

得られた線量率分布は、広域的には富士川付近を境として東で低く(概して $0.02\text{--}0.06 \mu\text{Sv/h}$)、西で高い($0.06 \mu\text{Sv/h}$ 以上)である。これは、原発事故前に得られていた自然放射線量率分布(産総研, 2011, 地質学会Web; 湊, 2006, 地学雑誌など)と調和的であり、東側の低線量は伊豆・小笠原弧の火山フロント付近に分布する低K火山岩類、西側の高線量は西南日本の非火山性地域に分布するK、U、Thなどの含有量の高い岩石に対応するとみられる。

一方、伊豆半島北東部から小田原付近にかけて、線量率が周囲より高く西南日本並みの $0.06\text{--}0.13 \mu\text{Sv/h}$ を示す地域がある。地質的には周囲と同じ低K火山岩地域であり、本来は $0.02\text{--}0.04 \mu\text{Sv/h}$ 程度だったはずの場所である。放射性核種分析の結果、この地域内の各地で放射性Csのピークが数分間程度の測定で容易に検出できるため、高線量の原因は福島原発起源の放射性微粒子による汚染と考えられる。このことは、熱海市・伊東市などの自治体によって公表された土壌・焼却灰・農作物などの汚染状況とも整合的である。

伊豆半島北東部から小田原付近にかけての汚染分布には明瞭な地形依存が見られる。箱根山から天城山へとほぼ南北に伸びる標高400-1000mの分水嶺の東側(相模湾側)の線量が高く、とくに北東に面した斜面で顕著である。一方、上記分水嶺の東側でも、北東側に地形的な高まりがあってその陰になっている低地の線量は比較的低い。こうした傾向は、放射性微粒子を含んだ風が相模湾側から吹きつけ、地形に沿って上昇することで雲が生じ、霧や降雨となって微粒子が地表に落下・沈着したことで説明可能である。

この汚染の日時は、静岡市と神奈川県内各地のモニタリングポストのデータ、および気象庁アメダスの風向と降水量から2011年3月21-22日と考えられる。汚染地域内にある網代測候所の同日の風向に北北東が多いことは、北東斜面の線量率が高いことと調和的であり、国立環境研(<http://www.nies.go.jp/shinsai/index.html#title04>)やヴィジブルインフォメーションセンター(<http://www.vic.jp/fukushima2/index.html>)による3月21-22日の放射性物質拡散シミュレーション結果とも整合する。

伊豆半島北東部から小田原付近にかけての線量率は、 $0.03\text{--}0.06 \mu\text{Sv/h}$ の範囲にある足柄平野・大磯丘陵・相模平野よりも高い。東日本全体の線量率分布をまとめた早川由紀夫の地図(<http://kipuka.blog70.fc2.com/blog-entry-445.html>)などから判断して、東京都区内の西部とほぼ同等の線量率とみられる。つまり、この地域では首都圏と同様に、軒下・排水路などの汚泥や焼却灰、汚染に敏感な動植物(きのこ、茶葉、淡水魚、野生動物など)への注意がとくに必要である。規制値を超えて2011年に出荷停止となった足柄茶(小田原市付近)と静岡茶(静岡市藁科地区と庵原地区)の栽培地域の線量率を今回得られた分布図上で見ると、ともに $0.06\text{--}0.08 \mu\text{Sv/h}$ で同等である。しかし、本来の値は前者が $0.02\text{--}0.04 \mu\text{Sv/h}$ 、後者が $0.04\text{--}0.06 \mu\text{Sv/h}$ 程度とみられ、原発事故による足柄茶栽培域での上乘せ分が大きい。このため、一番茶のみ規制値を超えた静岡茶に対し、足柄茶が二番茶・三番茶でも規制値を超えを出したとみられる。

キーワード: 放射線量率, 地表分布, 静岡県周辺, 核種分析, 汚染状況マッピング, 福島原発

Keywords: dose rate, surficial distribution, Shizuoka Prefecture, spectrum analysis, pollution map, Fukushima Nuclear Power Station

富士山における福島原発事故の影響 Radiation measurement at the top of Mt. Fuji

鴨川 仁^{1*}, 大河内 博², 保田 浩志³, 鳥居 建男⁴

KAMOGAWA, Masashi^{1*}, OKOCHI, Hiroshi², YASUDA, Hiroshi³, TORII, Tatsuo⁴

¹ 東京学芸大学物理学科, ² 早稲田大学理工学術院 創造理工学部環境資源工学科, ³ 放射線医学総合研究所, ⁴ 日本原子力研究開発機構

¹Dpt. of Phys., Tokyo Gakugei Univ., ²School of Science and Engineering, Waseda University, ³National Institute of Radiological Sciences, ⁴Fugen Decommissioning Eng. Center, JAEA

2011年3月の福島第一原発事故による放射能物質の飛来は大きな社会問題となった。多くの研究グループによるシミュレーションが直ちに公表され、後に複数点の地上観測データを組み込んだシミュレーションが公表された(たとえば Yasunari et al., (PNAS, 2011) など)。しかし、その後の鳥居らによる航空機モニタリング(文科省より発表)による詳細な表面への放射性物質の沈着状況マップなどからは差異が見られることからシミュレーションの精度を高めるにはまだ多くの観測データを必要としている。それらの有用なデータになりうるのが富士山の高度方向の放射線等の測定データであると考えられる。富士山測候所を活用する会では、山頂、五合目などで放射線、大気物質の夏季ないしは通年観測が数年行われている。それ故、これらのデータの解析により、原発事故前後の放射線変動データが高々度についても得られる。簡易的な解析の範囲では、五合目では原発事故起因の放射性物質は確認され、3700mを越える山頂では放射性物質はバックグラウンドレベルの範囲内で増加は確認できなかった。本研究では次の測定データを用いて本研究を推進した。1) 山頂測候所内において雷雲から生じる高エネルギー放射線の測定のため2008年よりNaIシンチレータ夏季期間中、連続で運用している。これらのデータを用いて分析を行った。2) 2011年7月9日複数の登山道を経由して、山頂と五合目のガンマ線空間線量率とガンマ線エネルギースペクトルの測定を行った。3) 2011年6月28日に採取された山頂の積雪を深さごとの試料にわけ、ゲルマニウム半導体検出器にて国立環境研究所および若狭湾エネルギー研究センターで放射線検出を行った。この試料については、pHおよび水銀濃度についても検査を行なっている。4) 2011年3月11日後の数ヶ月の間、エアロゾルを東京、富士山太郎坊にて、雨水を、東京、富士山太郎坊、丹沢大山山頂にて、雨水(霧水)を富士山太郎坊にて、渓流水を東丹沢にて1回ないしは複数回にわたり試料を採取し、放射性物質の検出を行った。

キーワード: 放射線, 福島原発事故, 富士山

Keywords: Radiation, Fukushima nuclear power plant accident, Mt. Fuji

放射性セシウムの中での「堆積学」 'Sedimentology' of radioactive cesium under water

中村 光一^{1*}

NAKAMURA, Ko-ichi^{1*}

¹ 産業技術総合研究所

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

福島第一原子力発電所の事故によって放出された放射性核種が水成堆積物に取り込まれた後の対策および長期的影響評価を考える上で必要な堆積と再移動の機構について考察する。フォールアウトとして陸上に堆積した放射性核種の堆積と再移動の機構の評価は海洋地質学を専門とする演者の手に余るのでこの報告の範囲外に置く。

放射性核種を含む水成堆積物として注意を払わなければならないのは

1. 事故初期に原子炉冷却水を起源とする放射性核種汚染水の海へ漏洩した結果である発電所近傍を中心とする福島沿岸の放射性核種を含む堆積物。

2. 空気中に放出された放射性核種のフォールアウトを雨水、地表水が洗い流し、河川によって運搬されて堆積した河口付近や隣接する内湾そして湖沼の相対的に核種が濃集した堆積物である。

アルカリ金属イオンの中で最も水に対する溶解度が高いセシウムイオンが「堆積」する機構はセシウムを吸着する粘土鉱物を主体とする層状鉱物と浮遊性生物への取り込みを経た糞粒や死骸の凝集体の堆積である。つまり、何らかの粒子になって堆積するから、粒子の堆積場の形成機構だけでなく、底層流や水中気候の変動による再移動が問題になる。また、堆積後の陽イオン交換による脱着の結果としての間隙水を経ての水圏への再移動、ならびに底棲生物による生物擾乱と食物連鎖や有機物分解による水圏への再移動があることが、核処理施設からの放射性核種を含む排水の遺漏やチェルノブイリ・フォールアウト堆積物の研究などから知られている。放射性セシウムの脱着を引き起こす主要なイオンは堆積物中で微生物の硝酸還元により作り出されるアンモニウムイオンであるから、再移動の機構は複合的なものであり、これは初期続成作用という堆積学研究の範疇の課題である。英国 Sellafield 核処理施設からの放射性核種を含む排水が 70 年代をピークとして 80 年代半ばまで流れ込んだアイリッシュ海および周辺の堆積物では、放射性セシウムが北極海で検出されるほど遠くまで運搬され、堆積する分率は小さいにも関わらず排出源を中心とするアイリッシュ海の堆積物中の濃度勾配が存在する。処理施設での廃液処理が格段に改善されて放射性核種の海洋放出が事実上止まってから 10 年を経てもアイリッシュ海の海水に検出される放射性セシウムの約 8 割が堆積物から海水への再移動と推定されている。

放射性核種に汚染された環境評価や予測をするために、平衡状態を前提にし、統計的に求められた水（遠洋水、沿岸水、淡水）と粒子の核種濃度分配係数 (K_d) の固定値（例えば、IAEA の推奨値）ではなく、核種の溶存相と粒子相間の移行を基礎式で定義し、水圏移流拡散モデルに埋め込んだシミュレーションが行われている（例えば、下記文献）。その基礎式の中には吸着や脱着の別個の分配係数などが入っており、kinetic なモデルになっている。しかし、この基礎式の様々な係数は限られた試料と条件による実験結果やフィールド計測により、まず基礎づけられ、パラメーターを振らせたシミュレーションモデルの感度解析により妥当性の評価がなされているが、気象予測シミュレーションモデルなどとの対比で考えれば明らかのように、事象の数が少なく、吸着や脱着など個々の機構の基礎固めが十分とはとても言えない。例えば、ヨーロッパに分布する堆積岩類は日本に比べてはるかに炭酸塩岩が多く、それを反映して河川水や海水の懸濁物質の炭酸塩の割合が日本のものより遥かに大きい。粒子の粒径分布は吟味されていても粘土鉱物組成や有機物含有量などの変動効果などの問題もある。核種の溶存相と粒子相間の移行を基礎づける式を単純に日本の事例に導入する前に、様々な角度からの基礎式に含まれる定数の吟味が必要である。

R Perianez (2005) *Modelling the dispersion of radionuclides in the marine environment, An introduction*. Springer

小林卓也 (2009) 海洋における放射性核種の挙動モデルについて *放射線科学*, 52, no. 3, p. 53-57.

キーワード: 凝集, 吸着, 凝集体, 有機物分解, 放射性セシウム

Keywords: flocculation, adsorption, aggregate, decomposition of organic matters, radioactive cesium

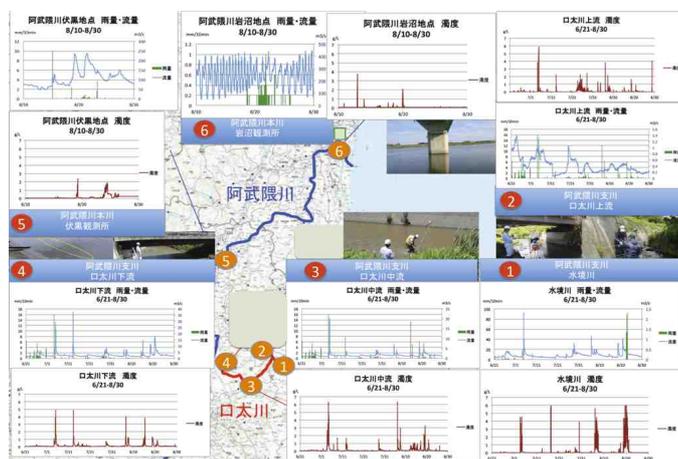
阿武隈川流域における放射性核種輸送量推定 Estimation of Radioactive Contaminant Load from Abukuma River

山敷 庸亮^{1*}, 若原 妙子⁴, 恩田 裕一², 五十嵐 康人³, 高橋 嘉夫⁵, 田中 万也⁵, 立川 康人⁶, 椎葉 充晴⁶
YAMASHIKI, Yosuke^{1*}, Taeko Wakahara⁴, ONDA, Yuichi², IGARASHI, Yasuhiro³, TAKAHASHI, Yoshio⁵, TANAKA, Kazuya⁵,
TACHIKAWA, Yasuto⁶, SHIIBA, Michiharu⁶

¹ 京都大学防災研究所, ² 筑波大学, ³ 気象研究所, ⁴ 東京農工大学, ⁵ 広島大学, ⁶ 京都大学大学院工学研究科
¹DPRI Kyoto University, ²University of Tsukuba, ³MRI-JMA, ⁴Tokyo Univ. of Agr. & Tech., ⁵Hiroshima University, ⁶GSE Kyoto University

本調査においては、高線量地域である福島県川俣町山木屋地区から流下する口太川流域およびその下流の阿武隈川本川において、複数地点で水位・流量観測、浮遊砂サンプラーおよび濁度計を用いた土砂流出観測、さらにこれらの地点での採水を実施し、Cs-137 および Cs-134 の水文流出過程を通じた輸送量の推定を行い、河川と通じた流域から海洋への放射性物質の輸送量（フラックス）の見積もりを行なった。調査期間は2011年6月6日から8月31日であり、各調査地点において(A) 圧力式水位計 Rugged TROLL, (B) 濁度計, (C) 浮遊砂サンプラー, (D) 雨量計, (E) データロガー + 太陽光パネルなどを設置し、流量および懸濁物を通じた放射性核種の輸送の見積もりを行なった。各調査地点における流量・濁度の観測値を図1に示す。調査結果において、各河川・各週で採取された懸濁物質中の放射性セシウム含有量はCs-137で14,000-66,000Bq/kg, Cs-134で12,500-60,000Bq/kgである。これらの量に水中において観測されたセシウム含有量を用いて、フラックス推定を行なった。これによると、上流の口太川流域においては9割以上の放射性核種が懸濁物質にて輸送されており、また阿武隈川本川ではほぼ7割以上となっている。阿武隈川河口に最も近い岩沼地点での放射性核種輸送量は気象研究所による水中測定データを用いると1日当たりCs-137 + Cs-134で525億ベクレル、分析センター測定データを用いると1日当たり約700億ベクレルと見積もられる。

キーワード: 放射性核種, 阿武隈川, 負荷量
Keywords: Abukuma River, Radioactive loading



福島第一原子力発電所から放出された放射性同位元素の渓流水・湧水中における測定

Measurements of Cs-134 and Cs-137 released by Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant in stream water and spring water

羽田 真奈美^{1*}, 辻村 真貴¹, 恩田 裕一¹, プン イスワル¹, 五十嵐 康人²
HADA, Manami^{1*}, TSUJIMURA, Maki¹, Yuichi Onda¹, Ishwar Pun¹, Yasuhito Igarashi²

¹ 筑波大学大学院生命環境科学研究科, ² 気象庁気象研究所

¹Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ²Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

2011年3月11日の福島第一原子力発電所事故により、放射性物質が外部に放出され問題となっている。地表面に吸着した放射性物質は土壌水、地下水、渓流水、湧水という水循環プロセスに伴い、環境中を移動することが予想される。今回の原子力発電所事故と同規模な事故は、過去にチェルノブイリ原発事故しかなく、放射性物質の挙動追跡は重要である。そこで、本研究では牧草地、採草地、畑地の小流域を対象とし、地下水、渓流水、湧水における放射性物質の分布状況と移行状況を把握することを目的とした。

本研究は、計画的避難区域に指定されている福島県伊達郡川俣町山木屋地区を対象とし、牧草地、採草地、畑地の3地点で地下水、渓流水、湧水を採水し、2011年6月6日から2011年8月31日の期間調査を行った。採水した試料は、0.45 μmのメンブレンフィルターでろ過し、セシウム濃度を測定した。

渓流水中ではセシウム 137 は 0.00 Bq/kg から 0.57 Bq/kg、セシウム 134 は 0.00 Bq/kg から 0.42 Bq/kg であり、湧水中ではセシウム 137 は 0.13 Bq/kg から 0.36 Bq/kg、セシウム 134 は 0.00 Bq/kg から 0.32 Bq/kg と非常に低い値のセシウムが検出された。しかし、降雨時の渓流水においては、セシウム 137 は 1.18 Bq/kg、セシウム 134 は 0.82 Bq/kg と高い値のセシウムが検出された。降雨流出時に浮遊土砂等とともにセシウムが渓流水中に移行したのではないかと考えられる。

キーワード: セシウム, 福島, 渓流水, 湧水

Keywords: cesium, Fukushima, stream water, spring water

森林内の林内雨、樹幹流、落葉における放射性核種の分布と移行 Distribution and movement of fallout radionuclides in throughfall, stemflow, and litterfall in a forested area

河守 歩^{1*}, 恩田 裕一¹, 加藤 弘亮¹, 若原 妙子², 久留 景吾¹

KAWAMORI, Ayumi^{1*}, ONDA, Yuichi¹, KATO, Hiroaki¹, Taeko Wakahara², Keigo Hisadome¹

¹ 筑波大学大学院生命環境科学研究科, ² 東京農工大学

¹Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ²Tokyo University of Agriculture and Technology

福島第一原子力発電所から放出された放射性物質による森林環境の蓄積状況と移行状況を確認するため、福島県伊達郡川俣町の山木屋地区をモデル地区として、林内雨、樹幹流、及び落葉等を採取し、森林内の放射性物質の分布状況と時間の経過に伴う放射性物質の移行状況について調査を実施した。調査対象地点として、福島県伊達郡川俣町の山木屋地区のスギ林からなる針葉樹林サイト2地点と、ナラガシワ等が生育している広葉樹林1地点を選定した。

本調査では、林内雨、樹幹流、林外雨、落葉の4つの項目に関して調査を実施した。森林内を降下する林内雨を採取するため、スギ壮齢林とスギ若齢林では各7地点、広葉樹混合林では6地点に林内雨サンプラーを設置した。一方、林内と比較するための林外雨を採取するため、3個の雨水サンプラーを設置した。樹幹流については、スギ壮齢林、スギ若齢林及び広葉樹混合林のそれぞれの森林の樹木3本に集水装置を取り付け、樹幹流を90Lのバケツ(樹幹流タンク)に導水した。林内雨及び樹冠流については、その後回収した水試料を実験室に持ち帰り、開き目が100µmのステンレス製のふるいを通過させて、水試料に混入した葉の破片等の粗大粒子を除去した上で、放射性セシウムの放射能濃度を測定した。林外雨に関しては、気象庁気象研究所(茨城県つくば市)に送付し放射性同位体分析を行った。また、落葉を採取するため、スギ壮齢林、スギ若齢林、広葉樹混合林サイトに各3個のリタートラップを設置した。メッシュに捕捉された落葉をサンプリングし、乾燥させた後に放射性セシウムの放射能濃度を測定した。

スギ壮齢林について、7月3日~8月23日の期間に雨水サンプラーで収集した林内雨中に含まれる放射性セシウムの放射能濃度は、Cs-134で34.5~243.2Bq/L、Cs-137で47.5~327.3Bq/Lであった。スギ壮齢林サイトに設置した、7月3日~23日、及び8月12日~8月19日の樹幹流中のCs-134の放射能濃度は27.4Bq/Lと33.8Bq/Lであり、Cs-137の放射能濃度は63.9Bq/Lと83.2Bq/Lであった。各サンプラーで得られた林外雨に含まれるCs-137の放射能濃度は、スギ林の近傍では、0.34~0.76Bq/Lであり、広葉樹混合林の近傍では0.08~0.31Bq/Lと林外雨に比べて非常に放射能濃度は低く、林外雨に含まれる放射性セシウムの放射能濃度は概ね1Bq/L以下であることが確認された。7月3日~31日及び7月31日~8月19日に回収されたリタートラップについて核種分析したところ、スギ壮齢林におけるCs-134の放射能濃度は98kBq/kgから331kBq/kgに増加しており、Cs-137の放射能濃度は114kBq/kgから398kBq/kgに増加していた。

林内雨や樹幹流に一定の放射性セシウムが含まれていることから、葉や樹木の幹に付着した放射性セシウムは、森林内での降雨が林内雨や樹幹流として樹冠を通過する過程で樹冠にトラップされている放射性セシウムを洗い流すことにより、徐々に林床に移行しているものと考えられる。

Rapid reduction of ^{137}Cs caused by soil erosion on a typical agricultural Rapid reduction of ^{137}Cs caused by soil erosion on a typical agricultural

Thomas Parkner^{1*}, Yuichi Onda¹
PARKNER, Thomas^{1*}, ONDA, Yuichi¹

¹Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

¹Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

The large amount of $1.5 \times 10^{17}\text{Bq}$ of ^{137}Cs was released into the environment by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident in March 2011. Knowledge of the initial fallout distribution and the postdepositional Cs mobility in agricultural land is essential, as due to the biological uptake food is contaminated and health threatened. The fate of ^{137}Cs in agricultural land depends on its radioactive decay, the downward diffusion in the soil and redistribution by soil erosion. In this study we document a.) diffusion in a typical agricultural field located 40km northwest of the FDNPP, b.) redistribution of ^{137}Cs within the field by the soil erosion types interrill erosion, rill erosion and gully erosion, and c.) calculate ^{137}Cs export for a period of five months since the FDIPP accident.

The study field with an area of 0.66ha consists of sandy loam highly susceptible to soil erosion. Few days before the accident the field was prepared for tobacco plantation with a ridge-furrow topography, but left abandoned due to radioactive contamination. During the rainy season in early summer the field was invaded by natural vegetation and by the end of the typhoon season the field was covered.

In order to document the diffusion of ^{137}Cs , sectioned soil samples were taken at six ridge locations within the study field and at one undisturbed location outside to estimate initial contamination. A scraper plate was used in 5mm increments for the top 5cm and in 10mm increments for the depth of 5cm to 10cm. ^{137}Cs inventories (Bq/m^2) were computed on the basis of the dry mass of soil ($<2\text{ mm}$). All activities were corrected for decay from the time of soil sampling. The depth distribution of the undisturbed site was used to calculate redistribution of ^{137}Cs within the field by interrill erosion attributed. Rills and gullies were mapped. The ^{137}Cs redistribution of rills is based on cross-section measurements in 10m spacing of five representative rills with lengths between 50 and 120m. Activity of in-channel sediment was taken into account. The cross sections of gullies were taken in intervals between 4 and 8meters.

Results indicate an initial contamination of $392.7\text{kBq}/\text{m}^2$ with a diffusion of 95% in the uppermost 4cm. Soil erosion processes produced a high spatial variability of ^{137}Cs content. Depending on slope angles interrill erosion reduced the activity by 33.9% to 50.5% with an average of 41% for the whole field. At upslope positions rill erosion reduced the activity up to 80%, as highly contaminated topsoil was eroded. Due to the storage of highly contaminated sediment on midslope locations the activity there was up to 1.5 times higher compared with the undisturbed location. Rills in the lower slopes as well as the two incipient gullies were eroded below contamination depth. As rills and gullies covered only 4.7% and 0.4% of the field respectively, the total ^{137}Cs export was 43% for a period of five months results. These findings help practitioners to evaluate the spatially distributed ^{137}Cs contamination on field scale and to assist in decision making for usage restrictions.

キーワード: ^{137}Cs , soil erosion

Keywords: ^{137}Cs , soil erosion