

福島沖における原子力発電所事故後一年間の放射性物質海洋拡散シミュレーション One-year, regional-scale simulation of radiocaesium-137 radioactivity in the ocean following the Fukushima Daiichi Nucle

津旨 大輔^{1*}, 坪野 考樹¹, 青山 道夫², 植松 光夫³, 三角 和弘¹, 前田 義明¹, 吉田 義勝¹, 速水 洋¹

Daisuke Tsumune^{1*}, Takaki Tsubono¹, Michio Aoyama², Mitsuo Uematsu³, Kazuhiro Misumi¹, Yoshiaki Maeda¹, Yoshikatsu Yoshida¹, Hiroshi Hayami¹

¹ 電力中央研究所, ² 気象研究所, ³ 東京大学大気海洋研究所

¹Central Research Institute of Electric Power Industry, ²Central Research Institute of Electric Power Industry, ³Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

A series of accidents at the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant following the earthquake and tsunami of 11 March 2011 resulted in the release of radioactive materials to the ocean by two major pathways, direct release from the accident site and atmospheric deposition. A 1-year, regional-scale simulation of ¹³⁷Cs activity in the ocean offshore of Fukushima was carried out, the sources of radioactivity being direct release, atmospheric deposition, and the inflow of ¹³⁷Cs deposited on the ocean by atmospheric deposition outside the domain of the model.

The rates of direct release of ¹³¹I, ¹³⁴Cs, and ¹³⁷Cs were estimated for 1 year after the 1F NPP accident by comparing simulated results and measured activities. The estimated total amount of directly released ¹³¹I, ¹³⁴Cs, and ¹³⁷Cs by the end of February 2012 were 11.1 PBq, 3.52 PBq, and 3.55 PBq, respectively. Tsumune et al. (2012) previously estimated the total amount to be 3.51 PBq by the end of May 2011. The total amount of directly released ¹³⁷Cs activity increased by 0.04 PBq between June 2011 and February 2012. We used an atmospheric transport model with atmospheric release rates to estimate atmospheric deposition onto the ocean.

We analyzed ¹³¹I/¹³⁷Cs activity ratios to investigate the contributions of each source of ¹³⁷Cs (Tsumune et al., 2012) and compared simulated results and measured activities. The fact that simulated ¹³⁷Cs activities attributable to direct release were in good agreement with measurements suggests that the estimated direct release rates were reasonable. Employment of JCOPE2 instead of HYCOM for nudging improved both the offshore transport result and the reproducibility of ¹³⁷Cs activities 30 km offshore. Simulated ¹³⁷Cs activities attributable to atmospheric deposition were underestimated relative to observations. The rate of atmospheric deposition onto the ocean was underestimated compared to measurements because of a lack of measurements of deposition itself when atmospheric deposition rates were estimated. Measured ¹³⁷Cs activities attributable to atmospheric deposition helped to improve the ability of simulated atmospheric deposition rates to reproduce observations. Simulated ¹³⁷Cs activities attributable to inflow of ¹³⁷Cs deposited onto the ocean outside the domain of the model were in good agreement with measurements in the open ocean in the model domain after June 2012.

Although the contribution of inflow increased with time and was dominant by the end of February 2012, the activity associated with directly released ¹³⁷Cs decreased exponentially with time and was present only in the coastal zone by the end of February 2012.

Keywords: Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Accident, Regional Ocean Model, Radiocaesium, Release amount, Ocean dilution

東電福島第一原発事故後の海水中の放射性セシウムの濃度分布について Horizontal distribution of radiocaesium in the northwestern North Pacific after the accident of TEPCO's Fukushima NPS

青野 辰雄^{1*}, 本多 牧生², 川上 創², 才野 敏郎²

Tatsuo Aono^{1*}, Makio Honda², Hajime Kawakami², Toshiro Saino²

¹ 独立行政法人放射線医学総合研究所, ² 独立行政法人海洋研究開発機構

¹National Institute of Radiological Sciences, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The accident of TEPCO's Fukushima Dai-ich Nuclear Power Station (Fukushima NPS) was caused by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake and tsunami on March 11, 2011 and large amount of radioactive material were discharged by the hydrogen explosion and leaked from Fukushima NPSs to the ocean. To investigate the transport of radionuclides to the ocean and their dispersion, we conducted two cruises with the R/V Mirai in the western North Pacific about one and three months after this accident and measured caesium (Cs-134 and Cs-137) in seawater. During two cruises (from 14 April to 5 May and from 27 June to 3 August, 2011), 20-L seawater in the surface and shallow layer (< 200 m) were collected along the cruise track with an underway surface pump and a multiple water-sampling system, analysed by the ammonium phosphomolybdate/Cs compound method and measured by low back ground gamma spectrometry using Ge detectors.

Cs-137 in surface seawater ranged from < 0.002 to 0.284 and <0.001 to 0.561 Bq/kg during April and May and during June and August, respectively. The radiocaesium could not be detected in seawater of the Kuroshio extension current. Samples from stations off Fukushima and off Miyagi had higher Cs-137 (0.11 ~ 0.28 Bq/kg) than those at other stations in April, however, the highest Cs-137 was observed at JKEO (38.5N, 148.25E) and Cs-134 could be detected in the 200 m depth at JKEO and off Fukushima in June. At S1 (30N, 145E), is located in the south of the Kuroshio current, Cs-134 in the 200 m depth was observed in April, that was not detected in June. On the other hand, at K2 (47N, 160E), the activities of Cs-134 and Cs-137 were almost 0.01 Bq kg/kg in the surface seawater, and those of Cs-134 were less than the limit of detection (< 0.002 Bq/L) at the depth of 200 m in both April and June. The obvious variation of these activities were not observed around the observed northern east area. These results suggest that the dispersion of radiocaesium in the marginal area were effected of the atmospheric diffusion and the leakage of contaminated water, and that in open sea were effected of only the atmospheric diffusion after a half year from the accident.

キーワード: 放射性セシウム, 海水, 北太平洋, 東電福島第一原発事故

Keywords: radiocaesium, seawater, North Pacific, The accident of TEPCO's Fukushima NPS

福島第一原子力発電所事故に由来する放射性物質の北太平洋での表層輸送経路および冬季沈み込みについて
Surface pathway and subduction of Fukushima radioactivity in the North Pacific Ocean in March 2011 - June 2012

青山 道夫^{1*}, 植松 光夫², 浜島 靖典³, 津旨 大輔⁴

Michio Aoyama^{1*}, Mitsuo Uematsu², Yasunori Hamajima³, Daisuke Tsumune⁴

¹ 気象研究所, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ 金沢大学低レベル放射能実験施設, ⁴ (財)電力中央研究所

¹Meteorological Research Institute, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ³LLRL, Kanazawa University, ⁴Central Research Institute of Electric Power Industry

¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs were released to the North Pacific Ocean by two major likely pathways, direct discharge from the Fukushima NPP1 accident site and atmospheric deposition. High density observations of ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs in the surface water were carried out at 322 stations by 17 cruises of cargo ships and several research vessel cruises since March 2011 till March 2012. Main body of radioactive surface plume of which activity was exceed 10 Bq m⁻³ had been travelling along 40 oN, and reached International Date Line on March 2012. A feature was that the radioactive plume was confined along 40 oN when the plume reached International Date Line. Although activities of ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs in the surface water decreased rapidly, a maximum of activities of ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs in seawater at about 300 meters depth was observed at 40 oN 165 oE in June 2012. We can say that the observed maximum of ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs was formed by subduction in winter 2011/2012 because a density of Central Mode Water of 26.3 kg m⁻³ corresponded to about 300 meters depth in this region. Water column inventory of ¹³⁴Cs from surface to 1000 meters depth was 2710 +- 210 Bq m⁻² in October 2011 at 40 oN 165 oE and 80 % of water column inventory of ¹³⁴Cs existed shallower than 200 meters, however only 20 % of water column inventory of ¹³⁴Cs was shallower than 200 meters while 80% was deeper than 200 meters in June 2012 due to subduction in winter 2011/2012.

Keywords: Fukushima, radioactivity, plume, subduction, radiocaesium, subduction

直接流入由来福島原発放射性セシウムの黒潮続流を超えた亜熱帯域への拡がりの可能性

Possible southward transport of the directly-discharged Fukushima-derived radiocesium across the Kuroshio Extension

熊本 雄一郎^{1*}, 村田昌彦¹, 河野健¹, 青山道夫²

Yuichiro Kumamoto^{1*}, MURATA, Akihiko¹, KAWANO, Takeshi¹, AOYAMA, Michio²

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² 気象庁気象研究所

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ² Meteorological Research Institute

2011年3月11日の東北沖巨大地震とそれに引き続く大津波によって、福島第一原子力発電所から大量の放射性セシウムが環境へ放出された。発電所から放出された放射性セシウムの多くは、直接流入及び大気粉じんの海洋表面への落下を通じて北太平洋に移行した。高濃度の放射性セシウムを含む汚染水の直接流入による事故直後の海洋汚染は深刻であり、発電所ごく近傍におけるその海水中濃度は事故前よりも1000万倍近く高くなった。また、大気粉じん由来の放射性セシウムは亜寒帯域を中心に北太平洋全域に落下し、表面海水中濃度は事故前よりも1桁以上高くなったことが観測によって確認されている。事故から2年が経過し海水中濃度は希釈によって急速に減少しつつあるが、ごく沿岸域海底堆積物中濃度は依然高く、今後長期間にわたって海洋生態系への影響、さらに人体への健康影響のリスクを評価していく必要がある。一方で、外洋域を含む広範囲な海域において福島原発由来放射性セシウムの存在量およびその動態を把握することは、原発事故によるその総放出量および今後の拡散過程を推定するために必要不可欠である。我々は、2012年1-2月に福島第一原子力発電所から500km以上離れた北西部北太平洋において、海水中の溶存放射性セシウム濃度の鉛直分布を観測したのでその結果を報告する。海水試料採取は、(独)海洋研究開発機構「みらい」研究航海MR11-08において実施された。表面海水及び水深800mまでの海水は、それぞれバケツとニスキン採水器で採取された。各試料量は約20リットルで、すべての試料は船上でろ過し、濃硝酸を添加して酸性とした。陸上の実験室においてAMP法を用いて放射性セシウムを濃縮し、ゲルマニウム半導体検出器でCs-134(半減期2.07年)およびCs-137(半減期30.04年)の濃度を測定した。北海道沖親潮海域(北緯42度10分、東経143度49分)から北緯20度(北緯19度50分、東経149度20分)の亜熱帯域のすべての表面海水において、Cs-134が検出された(0.2~18 Bq/m³)。原発事故前の北太平洋表層水中Cs-134濃度は、検出限界以下であった。半減期の短いCs-134が検出されたことは、原発事故のおおよそ1年後、北緯20度以北のすべての観測点において福島第一原子力発電所由来の放射性セシウムが存在していたことを示している。亜寒帯域(おおよそ北緯39度以北)と亜熱帯域(おおよそ北緯35度以南)では、その濃度はそれぞれ4及び1 Bq/m³以下と低濃度であったのに対して、両海域に挟まれた混合海域(おおよそ北緯35~39度)の表層水では、相対的に高濃度のCs-134が観測された(8~18 Bq/m³)。これは、福島第一原子力発電所が混合海域に相当するおおよそ北緯37.5度に位置しており、汚染水の直接流入によって海洋に放出された放射性セシウムが東向する北太平洋海流によって運ばれてきたものと理解される。亜寒帯(北緯40度05分、東経145度22分)と混合海域(北緯37度25分、東経147度11分)におけるCs-134の鉛直分布をみると、表面水を含む冬季の鉛直混合層(0mから150~200m)ではほぼ均一な分布が確認された。一方、その混合層下層ではCs-134は検出限界以下であった。黒潮続流のすぐ南に位置する亜熱帯の観測点(北緯34度46分、東経148度52分)では、表層混合層中濃度は1 Bq/m³以下と低かったのに対して、混合層直下の200、300m層に5~9 Bq/m³のCs-134の極大が観測された。この極大層の海水密度($\sigma\text{-}\theta$)は25.2~25.4であったが、これは黒潮続流をはさんだ北側の混合海域における冬季の表面海水の密度に相当する。したがって、この黒潮続流すぐ南側の観測点におけるCs-134の極大は、その北側に位置する混合海域の直接流入由来Cs-134が、黒潮続流を超えて亜熱帯域に拡がった結果であると考えられる。さらに、同点では極大層下層の400、600m層においても、わずかではあるが有意にCs-134が検出されている。これらを鉛直一次的な輸送だけで説明することは困難であり、上記の極大と同様に等密度面上の海水混合によって混合海域から輸送されたものと考えられる。発表ではCs-137の測定結果も含めて、その他の観測点の結果についても述べる。

キーワード: 福島第一原子力発電所, 放射性セシウム, 北太平洋

Keywords: Fukushima Dai-ichi nuclear power plants, radiocesium, North Pacific

沈降粒子による福島第一原子力発電所事故由来放射性セシウムの海洋内部への輸送 Transport of Fukushima-derived radiocaesium to the ocean interior by sinking particle

本多 牧生^{1*}, 川上創², 長尾誠也³, 渡邊修一⁴, 才野敏郎⁵

Makio Honda^{1*}, Kawakami, Hajime², Nagao, Seiya³, Watanabe, Shuichi⁴, Saino, Toshiro⁵

¹ 海洋研究開発機構 地球環境変動領域, ² 海洋研究開発機構 むつ研究所, ³ 金沢大学 環日本海域環境研究センター, ⁴ 海洋研究開発機構 むつ研究所, ⁵ 海洋研究開発機構 地球環境変動領域

¹Research Institute for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²Mutsu Institute of Oceanography, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ³Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, ⁴Mutsu Institute of Oceanography, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁵Research Institute for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

2011年3月11日に発生した「2011東北沖地震」とそれによって引き起こされた津波により福島第一原子力発電所(以下FNPP1)が大きく損壊した。その結果、大量の人工放射性核種が自然界に放出された。当時、我々のグループでは西部北太平洋の亜寒帯・亜熱帯循環域の観測地点K2とS1に時系列式セジメントトラップを設置していたためFNPP1の事故前後の沈降粒子を捕集することができた。分析の結果、人工放射性核種である¹³⁴Csと¹³⁷Csは両観測地点ともに、水深500mには2011年3月下旬、水深4810mには4月上旬には輸送されていたことが判明した。沈降速度は0-500m間で約36m/day、500-4810m間で180m/day以上であると推定された。¹³⁷Cs濃度は0.14-0.25Bq/gであった。この値は2011年4月に収集された表層海水、懸濁粒子、動物プランクトンの濃度よりはるかに高いものであった。K2では2011年6月下旬まで、S1では7月下旬までに沈降してきた¹³⁷Csフラックス総量はそれぞれ0.5Bq/m²、1.7Bq/m²であった。2011年4月の表層海水の¹³⁷Cs濃度と表層混合層厚から推定された両地点への¹³⁷Cs供給量、さらに海洋内への沈降量が一年間一定であると仮定すると、表層からの¹³⁷Cs除去速度(滞留時間)は0.3-1.5%/year(68-312年)と推定された。これは過去の報告例とほぼ一致するものであった。現在2011年8月-2012年6月に捕集された粒子の分析中であるが、速報として、2012年6月までのK2の4810mの試料分析の結果、¹³⁷Csフラックス、濃度ともに最大は2011年の6月頃に観測され、その後は徐々に低下していった。そしてFNPP1由来の¹³⁴Csは2012年4月まで検出された。¹³⁴Csフラックス総量は2.5 Bq/m²以上であった。¹³⁴Cs供給量が450 Bq/m²と仮定すると表層からの¹³⁷Cs除去速度(滞留時間)は0.6%/year以上(180年以下)となり先の推定値と同等のものであった。S1の水深4810mでは¹³⁴Cs濃度最大値はK2より約半年遅い2011年12月に観測された。¹³⁴Cs濃度測定のためには捕集試料が少なかつたため断言できないが、2012年2月まではFNPP1由来の¹³⁴Csが観測された。2012年6-7月にはK2とS1において海底堆積物が採取され現在放射性セシウム測定が実施中である。講演では放射性セシウムの各点への供給量、沈降量、海底堆積物への蓄積量の比較を試みる。

キーワード: 福島第一原子力発電所事故, 人工放射性セシウム, 西部北太平洋, 沈降粒子, セジメントトラップ, 2011東北沖地震

Keywords: Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Artificial radiocaesium, Western North Pacific, Sinking particle, Sediment trap, 2011 Tohoku-Oki Earthquake

西部北太平洋におけるプランクトン群集に含まれる福島由来放射性セシウムの水平分布

Horizontal distribution of Fukushima-derived radiocesium in zooplankton in the north-western Pacific Ocean

喜多村 稔^{1*}, 熊本雄一郎¹, 川上創¹, 藤倉克則¹, エリック クルーズ²

Minoru Kitamura^{1*}, Yuichiro Kumamoto¹, Hajime Kawakami¹, Katsunori Fujikura¹, Eric C. Cruz²

¹ 海洋研究開発機構, ² アメリカ海洋大気庁

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²NOAA

福島原発由来の放射性核種は大部分が北太平洋に落ちたと考えられているが、海洋生物群集の汚染状況については見が限られている。本研究は、西部北太平洋外洋域の動物プランクトン群集に含まれる放射性セシウムの水平分布を明らかにする。北緯 19 度以北の西部北太平洋において 2012 年 1-2 月（福島原発事故の 10ヶ月後）、動物プランクトン採集を 10 測点、表面海水採取を 12 測点で行った。観測点は亜熱帯域、黒潮-親潮移行域、亜寒帯域にまたがり、最南端の測点（19 °N, 149 °E）は福島原発より 2100km 離れている。

全てのバルク動物プランクトンおよび海水試料から ¹³⁴Cs および ¹³⁷Cs が検出された。半減期の短い ¹³⁴Cs が検出されていることから、福島原発由来の放射性核種は最南端の観測点まで達していたと考えられる。動物プランクトン中の放射性セシウム濃度は、北緯 25 °付近の 2 測点で高い濃度を示し、亜寒帯域の 2 測点で低かった。¹³⁷Cs 平均濃度は、事故前に東北地方沿岸で報告された濃度（0.09-0.4 Bq/kg-dw, Kaeriyama et al., 2008）より 1-2 桁高い。一方、表面海水中の放射性セシウム濃度は、黒潮-親潮移行域で高かった。

このように、動物プランクトン中および表面海水中の放射性セシウムは水平分布様式が異なり、北緯 25 °付近の動物プランクトン群集に認められたホットスポットは後者の分布様式では説明出来ない。これまでに、放射性セシウム濃度は動物の食段階と正の相関があり（Heldal et al. 2003）、クラゲ類・ヤムシ類など肉食者が卓越する群集で高い（Kaeriyama et al. 2008）ことが知られている。そこで、動物プランクトンの群集構造がセシウム濃度に影響しているか否かを検討した。ところが、高次分類群レベル（カイアシ類、オキアミ類、クラゲ類…）の組成、食性別組成、卓越して出現するカイアシ類とオキアミ類の種組成とバルク動物プランクトン群集中の放射性セシウム濃度に関係はみとめられなかった。

最後に、生態系内での放射性セシウムの移行に関して考察する。動物プランクトンの中には能動的な鉛直移動（夜間表層/昼間深層）を行う種があり、これらを介して深層の食物網に放射性セシウムは移行しうる。群集構造解析の結果、カイアシ類においては亜熱帯域で 3-35%、黒潮-親潮移行域および亜寒帯域で 77-88%、オキアミ類においては亜熱帯域で 20-60%、黒潮-親潮移行域および亜寒帯域で 80-100%の出現個体が日周鉛直移動者であった。このような動物プランクトンによる放射性セシウムの鉛直輸送は、亜熱帯域よりも黒潮-親潮移行域・亜寒帯域で多い可能性がある。

キーワード: 北太平洋, 動物プランクトン, 福島原発事故, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs

Keywords: North Pacific ocean, zooplankton, FDNPP accident, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs

東日本大震災による原発事故後、海底堆積物に蓄積した放射性セシウム Radiocesium stored in bottom sediments after the nuclear power plant accident due to the M9 earthquake

池田 元美^{1*}, 神田 穰太²
Motoyoshi Ikeda^{1*}, KANDA, Jota²

¹ 北海道大学, ² 東京海洋大学

¹Hokkaido University, ²Tokyo Univ. of Marine Science and Tech.

2011年3月11日に起きた地震とそれに伴う原子力発電所事故によって、東日本太平洋沿岸地域は大きな打撃を受け、そこからの復興は始まったばかりである。海水における放射性セシウムの濃度は、2011年の夏までに大幅に低下しているが、海底堆積物については低下が極めて緩慢で、現在も依然として高い濃度を保っている。特に宮城から茨城にかけて、200メートル以浅の海底で濃度が高く、スポット的に特に高濃度の箇所が見ついている。どのようなプロセスを経て海底堆積物に放射性核種が移行したのか、海洋学会を中心とした専門家で検討と議論を継続し、本年3月にはシンポジウムで会員に問いかける。植物プランクトン、動物プランクトンのデトリタス性懸濁粒子、懸濁土砂へ吸着し沈降した分、そして海水から直接吸着した分、さらに河川を経た土砂への吸着を見積もり、いずれも現状を説明できることを示した。実際に起きているプロセスを確定するためには、さらに試料を採取・分析する必要があり、その分析方法と観測計画を提案する。

キーワード: 放射性物質, 大震災, 堆積物

Keywords: radionuclide, earthquake, sediments

Regional-scale transfer of fallout radiocaesium in river networks impacted by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Regional-scale transfer of fallout radiocaesium in river networks impacted by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant

Hugh Smith^{1*}, Will Blake², Yuichi Onda³, Kazuya Yoshimura³, Yosuke Yamashiki⁴, Yuki Matsuura⁵
Hugh Smith^{1*}, Will Blake², Yuichi Onda³, Kazuya Yoshimura³, Yosuke Yamashiki⁴, Yuki Matsuura⁵

¹University of Liverpool, UK, ²University of Plymouth, UK, ³University of Tsukuba, ⁴Kyoto University, ⁵Yachiyo Engineering Co.

¹University of Liverpool, UK, ²University of Plymouth, UK, ³University of Tsukuba, ⁴Kyoto University, ⁵Yachiyo Engineering Co.

The Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident which followed the magnitude 9.0 earthquake and tsunami on 11 March 2011 resulted in the release of Cs-134 and Cs-137 into the surrounding environment, where highly elevated levels are reported. As a result, there is considerable concern about the redistribution of these radioactive contaminants from the atmosphere to vegetation, soil and aquatic systems. This study reports on the magnitude of fluvial transfer of Cs-134 and Cs-137 through river networks located across the fallout region. Initially six nested river monitoring stations were established within the Abukuma River basin from June 2011. Subsequently, an additional 24 stations were established between October and December 2012, which included a further 12 stations within the Abukuma basin and another 12 sites monitoring the smaller coastal catchments north and south of the power plant. Combined, these 30 sites provide a regional-scale measure of fallout radiocaesium transfer by river networks. The catchment areas range from 8 to 5,172 km² and span a large range in average catchment inventories of Cs-134 (16-2030 kBq/m²) and Cs-137 (19-2380 kBq/m²) based on MEXT inventory mapping. Flow and turbidity (converted to suspended sediment concentration) were measured at each station while bulk suspended sediment samples were collected at regular intervals using time-integrated samplers to allow measurement of Cs-134 and Cs-137 activity concentrations by gamma spectrometry. Preliminary monitoring data will be presented that shows highly elevated but generally declining activity concentrations of Cs-134 and Cs-137 on suspended sediment and provides a measure of the regional-scale variability in fluvial radiocaesium fluxes. While most radiocaesium is likely to remain in the soil profile, fluvial redistribution may contaminate downstream floodplains that were subject to low fallout and deliver significant quantities of highly contaminated fine sediment to the coastal zone.

キーワード: Fukushima, Radiocaesium, Sediment, Rivers, Contamination

Keywords: Fukushima, Radiocaesium, Sediment, Rivers, Contamination

福島県川俣町の試験水田における放射性セシウムのフラックスと流出特性の観測 Observation of flux and outflow-property of radioactive cesium in paddy field; A case study in Kawamata city, Fukushima.

吉村 和也^{1*}, 恩田 裕一¹

Kazuya Yoshimura^{1*}, 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 Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba

福島第一原子力発電所の事故に由来する、陸上に沈着した放射性セシウムの動態は、今後の土地利用、水系への移行・汚染に大きく関わる。福島県は有数の穀倉地帯であるが、水田における放射性セシウムの分布状況、除染に関する知見と効果、水田からの流出特性について、十分な知見が得られていないのが実情である。水田からの土壌・放射性セシウムの流出には、水管理や耕作スケジュール（灌漑期/非灌漑期）、放射性セシウム沈着量といった、様々な要因が寄与する。また、水田を介した放射性セシウムの動態において、取水時の流入も重要な要素である。そこで本研究では、川俣町山木屋地区の計画的避難区域に試験水田を設置し、灌漑期から非灌漑期を通じた放射性セシウムの流入・流出を評価した。併せて、浮遊土砂中の放射性セシウム濃度と沈着量の関係を解析した。

観測は通常の耕作をおこなった水田（通常水田、510m²）と、代かき前に表層土を5-10cm剥ぎ取った水田（除染水田、731m²）の2面を対象に実施した。放射性セシウムの初期濃度蓄積量を確認するため、土壌コア（14cm深）を各水田で12か所ずつ採取した。水田に流入・流出する水量はパーシャルフリウムと水位計（Trutrack社製）により、流入・流出水中の土砂濃度は、濁度計（ANALITE turbidity probe, MacVan Instruments製）によりモニターした。また期間積算浮遊土砂サンプラーにより、流入・流出水中の浮遊土砂を捕集した。データと捕集した浮遊土砂は、1~2週間おきに回収した。土壌コア、及び浮遊土砂試料は乾燥後、乳鉢で均一化し、ゲルマニウム半導体検出器で放射性セシウム濃度を測定した。またレーザー回折式粒度分布測定装置（SALD-3100、島津製作所製）により、試料の粒度分布を測定した。

通常水田、除染水田における総降雨量と土砂流出量の関係を、灌漑期、非灌漑期それぞれについて解析した結果、いずれも総降雨量と有意な相関を示した。総降雨量とセシウム¹³⁷流出量との間にも有意な相関が確認された。以上の結果から、水田からの土壌、および放射性セシウムの流出量は、灌漑期と非灌漑期に分けることで総降雨量から推定することが可能であることが示された。非灌漑期の相関式の傾きは、両水田で灌漑期より高い値となり、非灌漑期では降雨に伴う流出が生じやすいことが確認された。セシウム¹³⁷の流出量は、流入量を上回った。灌漑水の水源（集水域）における沈着量や、水管理についても評価することが重要であるが、水田における放射性セシウムの環境半減期は、壊変による半減期よりも早くなる可能性がある。浮遊土砂試料のCs-¹³⁷濃度と沈着量の間には相関関係がみられ、土壌沈着量から流出土砂中の放射性セシウム濃度を推定する有用性が示唆された。

キーワード: 福島県, 水田, 放射性セシウム, 土砂, フラックス, 沈着量

Keywords: Fukushima prefecture, Paddy field, Radioactive cesium, Soil, Flux, Inventory

福島県飯館村比叡地区ため池堆積物に保持された放射性Csの特徴

Characteristics of radioactive Cs in the sediment from the storage reservoir in Iitate village, Fukushima prefecture

青井 裕介^{1*}, 福土 圭介², 北台 紀夫², 糸野 妙子¹, 柏谷 健二², 山田 裕久³, 八田 珠郎⁴, 万福 裕造⁴

Yusuke Aoi^{1*}, Keisuke Fukushi², Norio Kitadai², Taeko Itono¹, Kenji Kashiwaya², Hirohisa Yamada³, Tamao Hatta⁴, Yuzo Manpuku⁴

¹ 金沢大学自然科学研究科, ² 金沢大学環日本海域環境研究センター, ³ 物質材料研究機構, ⁴ 国際農林水産業研究センター
¹Graduate School of Natural Science & Technology, Kanazawa University, ²Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, ³National Institute for Materials Science, ⁴Japan International Research Center for Agricultural Sciences

福島県飯館村のため池底土に収着された放射性Csの特徴が詳細に検討された。ため池のコアを採取し深さごとの含水率、放射性Cs濃度、鉱物組成、密度を測定し、放射能が高い部分の粘土鉱物の同定と放射能を測定した。放出された放射性Csは鉱物中に強固に保持され、天然環境中では溶出せず、放射性Csの移行は鉱物の移動によってのみ起こることが示唆される。深さごとの放射性Cs濃度では、表層から9cmまでセシウム137濃度が20-30Bq/gの高い堆積物が存在しており、それ以深では急激に濃度が減少している様子が示された。Mass Depthによるコア深度の規格化を行い、セシウム137濃度と密度を比較すると、ため池堆積物のコアの放射性Cs濃度は一定の周期をもち、密度と逆相関をもつことが示された。この要因として降水量によるため池への供給土壌の含有物の変化が示唆される。降水量が増加すると放射性Csに対する収着能力が低く、密度の高い鉱物が流入するため、ため池程度の密度が上昇し、放射性Cs濃度が減少するというプロセスが起こっていることが考えられる。また放射性Cs濃度に周期性がみられ、密度や降水量と相互関係をもつことから、このため池底土の放射性Cs分布は生物攪拌や擾乱によるものではなく、堆積によるものであることを支持するといえる。以上のことから、ため池は汚染土壌が降雨などにより流出する際に、それらの一部を集積するシンクとしての機能をもつということがいえる。

キーワード: 放射性セシウム, 福島第一原子力発電所, 粘土鉱物, ため池堆積物

Keywords: radioactive Cs, Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, clay minerals, storage reservoir sediment

阿武隈川における放射性セシウムの移行に及ぼす降雨の影響評価

Effects of rain events on transport of radiocesium in the Abukuma River during 2011-2012

長尾 誠也^{1*}, 金森正樹², 落合伸也¹, 桐島陽³, 山本政儀¹

Seiya Nagao^{1*}, KANAMORI, Masaki², OCHIAI, Shinya¹, KIRISHIMA, Akira³, YAMAMOTO, Masayoshi¹

¹ 金沢大学環日本海域環境研究センター, ² 金沢大学大学院自然科学研究科, ³ 東北大学多元物質科学研究所

¹LLRL, INET, Kanazawa University, ²Grad. School of NST, Kanazawa University, ³IMRAM, Tohoku University

2011年の東日本大震災の地震・津波の影響により福島第一原子力発電所で全電源喪失の事故が発生し、約15PBqのCs-134とCs-137が環境中に放出された。福島県とともに栃木県・群馬県の間でもCs-134、Cs-137蓄積量が相対的に高い地域が分布している。そのため、短期から長期の環境への影響を考えた場合、沈着した土壌等から河川を經由した放射性物質、特に被爆評価の観点からCs-134とCs-137の移行を検討する必要がある。本研究では、河川流域での放射性セシウム(Cs-134とCs-137)の動態を評価するため、阿武隈川における降雨イベントの影響について調査した。

フィールド調査は阿武隈川上流(白河市)、中流(本宮市、伊達市)、下流(岩沼市)で2012年6月19-21日の間に実施した。台風グッチョルは6月20日に日本に上陸し福島県内に77-136mmの降雨を降らせた。採取した河川水は遠心分離と濾過により分離した。濾過した河川水中のCs-134とCs-137は、リンモリブデン酸アンモニウム沈殿法により分離した後、Ge半導体検出器を用いた線測定により分析した。分離した懸濁粒子も同様にGe半導体検出器を用いてCs-134とCs-137を計測した。

2012年4月18日と6月19日の平水時に採取した河川水のCs-134とCs-137放射能濃度は0.016-0.27Bq/lの範囲を示したが、6月の台風グッチョルに伴う降雨後に採取した河川水は最大で3.83Bq/lまで増加した。粒子態の割合は、平水時の77-89%から100%近くまで増加した。これらの変動は、各観測点での水位変動との関連性が認められた。つまり、台風に伴う降雨により粒子態の放射性セシウムがパルス的に陸域から海洋へ放出されることを示唆している。

キーワード: 河川水, 放射性セシウム, 溶存形態, 粒子態, 移行挙動, 降雨

Keywords: river water, radiocesium, dissolved forms, particulate forms, migration behavior, rain events

福島第一原発事故により放出された放射性セシウムの阿武隈水系での挙動 The behaviour of radio-Cs in the Abukuma riverine system emitted from the FDNPP

坂口 綾^{1*}, 岩谷北斗¹, 田中 万也², 値賀晴香¹, 範橋輝¹, 門倉彰伸¹, 高橋 嘉夫¹

Aya Sakaguchi^{1*}, Hokuto Iwatani¹, Kazuya Tanaka², Haruka chiga¹, Qiaohui Fan¹, Akinobu Kadokura¹, Yoshio Takahashi¹

¹ 広島大学大学院理学研究科, ² 広島大学サステナセンター

¹Graduate School of Science, Hiroshima Univ., ²ISSD, Hiroshima Univ.

As a consequence of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident, a huge amount of radio-Cs was discharged into the environment. Especially for the Abukuma riverine system, which is the largest river in the Tohoku-area and can be a dominant water resource of this region, the watershed of this river has been seriously contaminated. To observe the fate/behaviour of radio-Cs in this region, we analysed Cs-137 in aerosol, soil, river suspended solid and sediments and water samples. In addition to the analyses of Cs-137 in natural samples, the adsorption/desorption experiments were conducted for analogous to natural system.

From the observations of riverine samples in the period from June/2011 to Dec./2012, it was found that Cs-137 dominantly existed in particle fraction rather than dissolved fraction. This is the opposite result of the situation of Ukraine in one to two years after the Chernobyl accident, and might be due to the differences of the content of organic matter in soil between Japan and Ukraine. This possibility is supported by our results of adsorption/desorption experiments of Cs and humic-acid on clay minerals. The concentration of Cs-137 in particulate fraction (Bq/L) in river water was decreased with date. However, the concentration in a suspended solid (Bq/g) was not decreased. So, it can be said the decrease of the concentration for Cs-137 (Bq/L) is apparent one rather than decontamination of river water. The concentration of dissolved Cs-137 (Bq/L), in Dec./2012, is one to two order of magnitude smaller than that in June/2011. This result suggested that the more soluble fraction was leached immediately after the accident, and a small amount of Cs-137 has been leached from soil steadily. Actually, we recognise the existence of Cs with some chemical species from the results of long term leaching-experiment of surface soil and aerosol. The difference of chemical species can show the specific leaching/desorption behaviour of Cs in the environment.

Using our results for riverine system and flow rate of Abukuma river, the amount of drained off Cs-137 from the river to the ocean was estimated as 13 TBq in the last two years. By the result of long term leaching-experiment of surface soil with seawater, it is estimated that about 20% of discharged Cs-137 to the ocean would be leached in the sea water.

キーワード: 福島第一原発, 放射性セシウム, 阿武隈水系

Keywords: FDNPP, Cs-137, Abukuma Riverine system

川俣町山木屋地区における放射性セシウムの移行状況集中モニタリング Transfer of fallout radiocesium in various terrestrial environment in Yamakiya district, Kawamata Town

恩田 裕一^{1*}, 加藤 弘亮¹, 吉村 和也¹, 安部 豊¹, ジェレミー パティン¹, 辻村 真貴², 田村 憲司²
Yuichi Onda^{1*}, Hiroaki Kato¹, Kazuya Yoshimura¹, Yutaka Abe¹, Jeremy Patin¹, Maki Tsujimura², Kenji Tamura²

¹ 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター, ² 筑波大学生命環境系

¹Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, ²Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

福島原発事故により地表に降下した放射性物質は、その後、土壌や河川等を通じて拡散することが予想される。そこで、様々な土地利用の地域における放射性物質の存在量・移動量の測定、森林を含む多様な土地利用からの放射性物質の再飛散量の測定を大学共同グループとして2011年7月以来行っている(FMWSE <http://fmwse.suiri.tsukuba.ac.jp/>)。調査内容は、森林から野放射性物質の移行、水の移動に伴う、放射性物質の土壌水・地下水・渓流水・河川水への移行調査と、様々な土地利用での土壌区画からの土砂および放射性物質の河川への移行モニタリングを行った。

調査地域は、阿武隈川水系口太川上流域の川俣町山木屋地区である。調査対象地のCs-137の沈着量は300~600 kBq/m²である。畑地、採草地、牧草地、およびスギ林を含む5カ所の傾斜地と試験水田を選定し、区画内からの土砂・放射性核種の流出量の観測を行った。また、口太川は、山木屋地区からの水・土砂の流出口となっており、阿武隈川に流下するため、その影響調査が重要であると考えられる。そこで、河川調査においては、口太川流域に合計4カ所および、阿武隈川本川に2カ所の調査地点を設けた。また、口太川流域内の2カ所に地下水観測用の井戸を設置した。さらに、阿武隈川本川の貯水池(蓬萊ダム)を調査対象とした。

調査対象地域に降下した放射性核種は、下方移動はあまり見られないが、森林では、降雨やリターによって林床に移行し、リターから下層土へ移行してていることがわかった。また、流域内の土壌に吸着された放射性セシウムは、調査区画調査より、主に土砂とともに移動し、河川を流下することがわかった。また土地被覆状況と勾配等と放射性核種輸送率には関連が見られた。これらのデータを用いて放射性物質の陸域からのモデル化を行っていききたい。

キーワード: 放射性核種, 移行, 土壌侵食, 森林, Cs-137

Keywords: Radionuclides, Transfer, Soil Erosion, Forest, Cs-137

森林環境中の福島第一原子力発電所由来の放射性セシウムの移行状況 Transfer of the Fukushima reactor accident-derived radionuclides in forest environments

加藤 弘亮^{1*}, 恩田裕一¹, 河守歩¹, 久留景吾²
Hiroaki Kato^{1*}, Yuichi Onda¹, Ayumi Kawamori¹, Keigo Hisadome²

¹ 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター, ² アジア航測株式会社

¹Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, ²Asia Air Survey Co., LTD.

The Fukushima Daiichi nuclear power plant accident resulted in extensive radioactive contamination of the forest environment in Fukushima and the neighboring prefectures. In this study, we analyzed radiocesium concentrations in rainwater, throughfall, stemflow, and litterfall to characterize the transfer of the deposited radiocesium in various forest stands (evergreen conifers and broad-leaved forests), in Tochigi (Cs-137 fallout < 10 kBq/m²) and Fukushima (Cs-137 fallout = 300-600 kBq/m²) prefectures. Furthermore, in-situ measurement of radiocesium were conducted to delineate spatio-temporal variability of radiocesium in the canopy and forest floor. The result of this study demonstrated that a large proportion of radionuclides which deposited on forest were initially trapped by canopies, and subsequently transferred to forest floor in association with throughfall, stemflow, and litterfall. In the deciduous broad-leaved forest, the highest radioactivity was found at the forest floor; however, 25-40% of the total deposited radiocesium remained in the canopy of evergreen coniferous forests one year after the reactor accident.

キーワード: 福島第一原子力発電所, 放射性セシウム, 森林環境, 樹冠遮断, 移行状況

Keywords: Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Radiocesium, Forest environment, Canopy interception, Transfer

森林・山地域における放射性物質の移動挙動調査；システム解析手法の適用 Investigation of an environmental fate of radiocaesium in the Fukushima forests

新里 忠史^{1*}, 阿部寛信¹, 渡辺 貴善¹, 安江 健一¹, 小田好博¹, 佐藤治夫¹

Tadafumi Niizato^{1*}, Hironobu Abe¹, Takayoshi Watanabe¹, Ken-ichi Yasue¹, Yoshihiro Oda¹, Haruo Sato¹

¹ 日本原子力研究開発機構

¹Japan Atomic Energy Agency

はじめに

現在、福島県内に残存する事故由来の放射性物質のうち、空間線量率を支配しているのはセシウム 134 (Cs-134) と 137 (Cs-137) である。Cs-134 の半減期は約 2 年と短いものの、Cs-137 は約 30 年と長い半減期であることから、今後長期にわたり放射線による健康影響を注視する必要がある。そのためには、放射性セシウムの環境中での現在の空間分布とともに、数十年以上の長期間を対象に移動の経路や移動に係る物理・化学過程といった移動プロセス及びフラックスを明らかにし、“実際に”生じている移動プロセスのモデル化と数値解析を通じた将来の放射性セシウムの時空間分布の予測及びそれに基づく人への影響可能性の評価が求められる。一方で、放射性セシウムの移動の場となる地球表層環境は、自然、人工を問わず相互に関連した複数の要素からなるシステムとして振る舞い、その移動に影響を及ぼすと考えられる。このため、放射性セシウムの時空間分布に関する将来予測では、移動に係る地球表層環境のシステム要素を識別し、放射性セシウムの移動プロセスをシステム要素の時空間分布及び相互作用と関連させて理解する必要がある。

本論では、原子力機構が福島県で実施している放射性セシウムの環境中移動調査・研究「福島長期環境動態研究プロジェクト」の概要及び県内森林・山地域の調査に基づくシステム要素の区分試案を提示する。

プロジェクト概要

本プロジェクトでは、主たる未除染区域である森林・山地域から河川を経て生活圏・海域へと至る放射性セシウムの移動挙動を明らかにし、その移動を考慮した放射性セシウムの濃度分布の評価や被ばく線量を尺度とした人への影響可能性の評価結果に基づく移動抑制等の対策の提案を目的として、以下の調査研究を進める計画である。

1) 放射性セシウムの移動予測モデルの開発；森林・山地域から河川を経て生活圏・海域へと至る環境中の様々な移動経路において、土砂流亡や表流水、河川水、風等による放射性セシウムの移動挙動に係る調査を実施するとともに、それらの結果に基づいて、一連の移動を支配する個々の物理・化学現象の数値モデルを構築。

2) 生活圏での放射性セシウムの移動・影響評価モデルの開発；1) に基づく放射性セシウムの生活圏への移動及び生活圏内での移動や人への影響の可能性を、放射性セシウムの濃度分布や被ばく線量を尺度として定量化し、放射性セシウムの生活圏での移動や人への影響に対して重要となる可能性のある経路を評価できるモデルを開発。

3) 移動抑制等の対策の検討；重要な移動経路上における効率的な移動抑制等の対策の検討。

4) 包括的な評価システムの開発；上記一連の成果を包括した「環境中核種動態予測・移動抑制等対策システム（仮称）」の構築。

森林・山地域におけるシステム要素

福島県の阿武隈山地における森林・山地域の景観は、山麓の緩斜面を造成した平坦面上の家屋等を中心として、その上流側（山地側）に林地、下流側に耕作地等が分布する。そのような景観をもつ森林・山地域は、植生、地形、土壌、家屋や林道等の人工物からなるサブシステムに区分できる。それらサブシステムは、阿武隈山地の森林・山地域において実際に観察される雨水やリター、土砂の移動状況を踏まえて、放射性セシウムの移動に果たす機能の観点から以下のシステム要素に細分できる。例えば、植生サブシステムについては、大気から降下した放射性セシウムを雨水やダストとともに沈着させる高木層の樹冠、高木層の樹冠から滴下する放射性セシウムを沈着させる亜高木/低木層の樹冠、枝葉に付着した放射性物質を落葉により地表へ移動させる樹冠、樹冠から枝葉を経て林床への放射性セシウムの移動経路となる高木/亜高木/低木層の樹幹、林内雨等の雨滴にともなう放射性セシウムの土壌表面への直接的な移動を遮断する草本及び林床植物層、といったシステム要素に区分されると考えられる。また、地形サブシステムは、表面流の発生箇所や土砂やリターの移動が開始される尾根及び斜面、それらが堆積する谷頭凹地や谷底面の要素からなると考えられる。土壌については、土壌層位、間隙率等の土壌物性とともに、細根密度及び含まれる有機物や鉱物の種類とその量比により、放射性セシウムの移動に果たす機能が異なる複数のシステム要素に区分される。例えばリター層は、その分解過程により移動性の放射性セシウムを供給する機能が考えられる。

今後、現地にて取得した植生、地形、土壌分布データや気象、表面流、土砂流亡等のモニタリング及び液相・固相試料の分析に基づき、システム要素の相互作用、各要素における放射性セシウムの存在形態や要素間の移動プロセス、フラックス及びそれらを統合した森林・山地域での放射性セシウムの移動シナリオ構築と移動プロセスのモデル化を進める予定である。

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



MAG35-15

会場:国際会議室

時間:5月21日 14:45-15:00

キーワード: 放射性セシウム, 環境動態, 福島, 森林, システム解析

Keywords: radiocaesium, environmental fate, Fukushima, forest, systems analysis

スギ葉から雄花への放射性セシウムの動態

Dynamic of radiocesium from conifer needles to male flowers of sugi

金指 努^{1*}, 杉浦祐樹¹, 竹中千里¹, 小澤 創²

Tsutomu Kanasashi^{1*}, Sugiura Yuki¹, Takenaka Chisato¹, Ozawa Hajime²

¹名古屋大院生命農学, ²福島県林研セ

¹Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya univ., ²Fukushima Prefectural Forestry Research Centre

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故により、大量の放射性物質が自然環境中に拡散し、汚染の原因になっている。森林環境中に降下した放射性物質は樹木に吸収され樹体内を移動しているため、福島第一原子力発電所からの拡散がほとんど無くなった2012年に展開した葉からも放射性物質が検出されている。同年には福島県のスギから放射性物質を含む花粉が確認され、吸引することによる人体への影響、花粉の飛散に伴う放射性物質の二次拡散が懸念される。スギ花粉に放射性物質が含まれるには、葉から雄花へ放射性物質が輸送されていることが予想されるが明らかにされていない。2013年のスギ花粉飛散前の葉から雄花に含まれる放射性物質濃度を測定し、その特徴を明らかにした。

雄花が付着したスギ葉を2012年12月1日から3日に福島県全域における任意の82地点から、また、2012年11月中旬から12月中旬にかけて、福島県を除く東北、関東、甲信越地方から採取した。各地点において異なる3個体から採取したサンプルは、実験室内にて雄花を分離し、葉は伸長した年ごとに3区分(2012年、2011年、2010年以前)に分離した。それぞれ水道水で付着物質を洗い流した後、蒸留水ですすぎ、80℃で48時間乾燥させた。雄花はそのままねじ口U型容器に封入し、葉は粉碎後に封入した。高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーにより、サンプルに含まれる放射性セシウム(Cs-137、134)を測定し、乾重当たりの濃度(Bq/kg)を算出した。雄花については放射性セシウム濃度の測定後、花粉を分離・採集し、同様に花粉に含まれる放射性セシウム濃度(Bq/kg)を測定した。花粉は主にウェル型のゲルマニウム半導体検出器を使用した。サンプルの一部は、上記処理後に残った葉と雄花を、イメージングプレート(IP)を用いたオートラジオグラフィ法により、葉から雄花における放射性物質の分布箇所を画像で確認した。IPへの曝写は35~120時間、暗所にて行った。

各採取地点で2010年以前に採取した葉に、最も高い放射性セシウム濃度が検出された。IPの結果より、2010年以前に伸長した葉に、強い放射線を放つ部位がスポット状に存在していたため、原子力発電所事故により拡散・降下した放射性セシウムが表面に付着し、残存しているため高濃度になったと考えられる。

雄花の放射性セシウム濃度は2012年に伸長した葉よりも高い傾向があり、また、IPの結果では、雄花を除去した葉の先端にも比較的強い放射線を示す色の濃い部分が確認された。そのため、放射性セシウムが選択的に雄花に移行している可能性が示唆された。

キーワード: 福島第一原子力発電所事故, スギ, 針葉, 雄花, 放射性セシウム 137, 放射性セシウム 134

Keywords: Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, sugi, needle, male flower, Cs-137, Cs-134

原子力発電所事故によって森林生態系に沈着した¹³⁷Csの移行ダイナミクスについて Migration dynamics of ¹³⁷Cs deposited on the forested ecosystem in Fukushima after the nuclear power plant accident

大手 信人^{1*}, 村上正志², 伊勢田耕平¹, 鈴木隆央², 田野井慶太郎¹, 石井伸昌³
Nobuhito Ohte^{1*}, Masashi Murakami², Kouhei Iseda¹, Takahiro Suzuki², Keitaro Tanoi¹, Nobuyoshi Ishii³

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科, ² 千葉大学大学院理学研究科, ³ 放射線医学総合研究所

¹Graduate School of Agricultural and Life Sciences, University of Tokyo, ²Graduate School of Science, Chiba University,

³National Institute of Radiological Sciences

A massive amount of radioactive substances, including cesium-137 (¹³⁷Cs), emitted from the disabled nuclear power plant, has been deposited on the forested areas in the northeastern region of Honshu Island, Japan after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident. Forest ecosystems in these regions are particularly important, not only for the forest products industry but also for source areas of drinking water and for residential environments. To clarify the migrating mechanisms of ¹³⁷Cs deposited on the forested ecosystem, we initiated intensive field observations in a small catchment that included forest headwaters and farmlands in the northern part of Fukushima Prefecture. The following expected major pathways of ¹³⁷Cs export and diffusion were investigated: 1) transportation of dissolved and particulate or colloidal forms via hydrological processes within a forested catchment and export dynamics through the stream, and 2) diffusion through the food web in terrestrial and aquatic organisms of forests. Preliminary findings indicated the following: 1) Most of the ¹³⁷Cs was discharged as suspended matter. High water flow generated by storm acted to accelerate the transportation of ¹³⁷Cs from the forested catchments. Thus, the estimation of ¹³⁷Cs export requires precise evaluation of the high flow acceleration during storm events; 2) Because litter and its detritus may form the biggest pool of ¹³⁷Cs in the forested ecosystem, ¹³⁷Cs diffusion occurs more rapidly through the detritus food chain than the grazing food chain. Most predators have already ingested ¹³⁷Cs, particularly in aquatic environments. An urgent question that needs to be addressed is when and how ¹³⁷Cs diffuses through grazing food chains and how rapidly this process occurs. To elucidate or to be able to predict these phenomena, the mechanisms of ¹³⁷Cs release from litter and soil organic matter need to be clarified.

キーワード: ¹³⁷Cs 沈着, 森林生態系, 水文過程, 食物網

Keywords: ¹³⁷Cs deposition, forested ecosystem, hydrological process, food web

広葉樹林およびスギ林内および樹冠部での放射性セシウムの大気浮遊濃度の変化 Atmospheric radioactive cesium in the broad-leaf and Japanese cedar forest and canopy

北 和之^{1*}, 田中 美佐子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, 恩田 裕一⁵
Kazuyuki Kita^{1*}, Misako Tanaka¹, Hiroyuki Demizu², Yasuhito Igarashi³, Masao Mikami³, Naohiro Yoshida⁴, Sakae Toyoda⁴, Keita Yamada⁴, Yuichi Onda⁵

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所, ⁵ 筑波大学 アイソトープ環境動態研究センター

¹Faculty of Science, Ibaraki University, ²Faculty of Engineering, Ibaraki University, ³Meteorology Research Institute, ⁴Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, ⁵Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, Tsukuba University

2011年3月の福島第1原子力発電所の事故に伴い、環境中に放出された放射性核種は、地表だけでなく植生の表面にも付着した。特にスギなど常緑針葉樹林は、当時も葉をつけていたことから多くの放射性セシウム等を付着させていることが報告されている。この放射性セシウム等が、植生から環境中に再放出され拡散していく経路の一つとして大気中への放出がある。植生から大気中への放射性セシウムの放出についてのモデル化をめざし、放出量とその変化を明らかにする目的で、広葉混合樹林、スギ若齢林での調査を行った。

2011年7月より川俣町山木屋地区での2カ所の林地調査地点、スギ若齢林と広葉樹混合林)で継続して林床部および樹冠部での単位体積大気中の放射性セシウムによる放射能(以下、大気放射能濃度)を観測している。林床には、ハイボリュームエアサンプラーにインパクトを装着したものを設置し、大気放射能濃度を、エアロゾルの粒径別に測定するとともに、林内に建てたタワー最上部にローボリュームエアサンプラーを設置し樹冠部での大気放射性核種による放射能濃度を測定した。また自動気象ステーションを設置し、風向風速や降水量も測定している。

2011年9月以降は、広葉樹混合林およびスギ若齢林ともに林床部での大気中のセシウム-137による放射能濃度が、樹冠部に比べ2倍程度高くなっている。これは林内では大気中のセシウム-137による放射能濃度に高度方向の勾配が存在し、林内で放射性セシウムが大気中に放出されていることを示している。樹冠部と林床部での放射能濃度比が広葉樹混合林内とスギ若齢林でほぼ同じことは林内での再飛散フラックスが両者であまり違いがないことを示唆している。但し、土壌の放射性セシウム存在量はスギ若齢林付近では広葉樹混合林付近の2/3程度であるにもかかわらず、林床での大気中の放射性セシウムによる放射能濃度がスギ若齢林と同程度かむしろ高い傾向にあることは、スギ若齢林内での放射性セシウムの再飛散放出係数(再飛散放出係数×地表セシウム存在量が再飛散による放出フラックスになる)がより高いこと、あるいはスギ植物体表面からの放出や林内雨が植物体表面で跳散し粒子化するなどの過程が寄与している可能性を示しており、今後より詳細な解析を行い検討する必要がある。

裸地における大気中のセシウム-137による放射能濃度と畑地、スギ若齢林樹冠部、広葉樹混合林樹冠部での濃度を比較すると、裸地と畑地では比較的良好な正相関を示し、濃度比は地表セシウム存在量の比(約1.5)とほぼ一致しているため、土壌から大気への放射性セシウムの再飛散放出係数は両地点でほぼ一致していることを示している。それに対し、スギ若齢林樹冠部および広葉樹混合林樹冠部での濃度は、平均的には裸地と同程度であるもののばらつきが大きい。また、林床部での濃度はさらに2倍程度高いことになる。これに加え、地表セシウム存在量が、広葉樹混合林では小学校グラウンドと同程度と思われ、またスギ若齢林では2/3程度と低いことを考え合わせると、林内での放射性セシウムの再飛散フラックスおよび再飛散放出係数が有意に裸地や畑地より高い可能性を示している。但し、この濃度差が林内からその外への拡散が小さいためである可能性もあり、今後ばらつきの原因と合わせ検討し講演会時に報告したい。

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

森林に降下した放射性セシウムのモデルを用いた動態予測

Predicted spatio-temporal dynamics of radiocesium deposited onto forests following the Fukushima nuclear accident

橋本 昌司^{1*}, 松浦 俊也¹, 南光 一樹¹, 鶴川 信², 志知 幸治¹, リンコフ イゴール³, シャー ジョージ⁴, 金子 真司¹

Shoji Hashimoto^{1*}, MATSUURA, Toshiya¹, NANKO, Kazuki¹, UGAWA, Shin², SHICHI, Koji¹, LINKOV, Igor³, SHAW, George⁴, KANEKO, Shinji¹

¹ 森林総合研究所, ² 鹿児島大学, ³ アメリカ軍事技術研究開発センター, ⁴ ノッティンガム大学

¹FFPRI, ²Kagoshima University, ³US Army Engineer R&D Center, ⁴University of Nottingham

Radiocesium (¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs) released from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant to the atmosphere contaminated a large area of Japan's land surface, the majority of which is covered by forest (Hashimoto et al. 2012b). The availability of countermeasure options for forest areas is limited to restriction of access and removal of contaminated materials (Hashimoto et al. 2012a). Even considering only the most heavily contaminated forests ($>=$ ¹³⁴, ¹³⁷Cs 1000 kBq m⁻² in 2011), however, the total volume of radioactively contaminated materials is estimated to be 33 million cubic meters and 21 Tg (dry matter) (Hashimoto et al. 2012b). To develop effective countermeasures to mitigate the impacts of radioactive contamination of forests, detailed monitoring of the radiocesium migration and re-distribution is essential. In addition, it is useful to be able to predict the future dynamics of the radiocesium between forest components; modelling is the best tool for this prediction. Here we simulated the dynamics of radiocesium deposited on Japanese forest ecosystems in 2011 using a model that was developed for tracking radionuclides in forest ecosystems after the Chernobyl accident in 1986 (RIFE1 model). The fate of the radiocesium was simulated using the initial conditions observed following the Fukushima accident. In addition, the simulation results were incorporated with a spatial distribution map of deposited radionuclides that was based on an air-borne survey. The simulation demonstrated that in the first two years after initial deposition radiocesium is retained primarily in the soil surface organic layer. Over a period of five to ten years radiocesium is predicted to move from the surface organic soil to the mineral soil, which will eventually become the largest reservoir of radiocesium within forest ecosystems. Spatial analysis clearly shows the reduction in the extent of contaminated areas which will occur as a result of natural decay of radiocesium, as well as the spatial distribution of radiocesium in each forest component. Considering the heavier rainfall and warmer conditions in Japan than in the countries contaminated by the Chernobyl accident, migration of radiocesium from organic to mineral soil may be faster than predicted. Although the uncertainty of our simulations should be taken into account, they provide a basis for understanding and anticipating the future dynamics of radiocesium in Japanese forests following the Fukushima accident.

Hashimoto, S., I. Linkov, G. Shaw, S. Kaneko (2012a) Radioactive contamination of natural ecosystems: seeing the wood despite the trees. *Environmental Science and Technology*, 46, 12283-12284
<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es304145n>

Hashimoto, S., S. Ugawa, K. Nanko, K. Shichi (2012b) The total amounts of radioactively contaminated materials in forests in Fukushima, Japan. *Scientific Reports*, 2, 416, doi:10.1038/srep00416
<http://www.nature.com/srep/2012/120525/srep00416/full/srep00416.html>

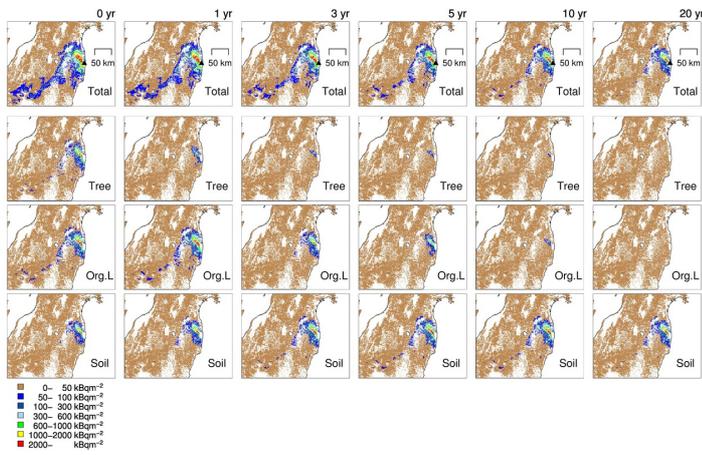
キーワード: 森林, 放射性セシウム, 除染, モデル, 広域評価, 土壌

Keywords: forest, radiocesium, decontamination, model, regional prediction, soil

MAG35-19

会場:国際会議室

時間:5月21日 15:45-16:00



放射性核種を用いた東北地方太平洋沖地震に起因する海底変動の把握 Grasping changes in the sea bottom induced by the Tohoku earthquake using radionuclides

神林 翔太^{1*}, 張 勁², 竹内 章², 堀川 恵司², 蒲池 浩之², 廣上 清一³, 益田 晴恵⁴, 淵田 茂司⁴, 山本 政儀⁵, 村山 雅史⁶
Shota Kambayashi^{1*}, Jing Zhang², Akira Takeuchi², Keiji Horikawa², Hiroyuki Kamachi², Hirokami Kiyokazu³, Harue Masuda⁴, Shigeshi Fuchida⁴, Masayoshi Yamamoto⁵, Masafumi MURAYAMA⁶

¹ 富山大学大学院理工学教育部, ² 富山大学大学院理工学研究部, ³ 富山大学自然科学研究支援センター放射性同位元素実験施設, ⁴ 大阪市立大学理学院理学研究科, ⁵ 金沢大学環日本海域環境研究センター, ⁶ 高知大学海洋コア総合研究センター
¹Graduate School of Science and Engineer, University of Toyama, ²Graduate School of Science and Engineer, University of Toyama, ³Rabulatory of Radioisotope Center for Basic Research and Development in Natural Science, ⁴Department of Geosciences, Faculty of Science, Osaka City University, ⁵Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, ⁶Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震により、震源地の海底では地割れや地すべりが発生した。また、福島第一原子力発電所で発生した事故によって環境中へ飛散した放射性核種の一部が海洋に流入し、海底に堆積した。本研究では、沿岸域から外洋・深海までの海底堆積物を用いて福島第一原子力発電所から飛散した放射性物質の環境放射能評価及び放射性核種による東北地方太平洋沖地震に起因する海底変動の把握を目的とした。調査は、2011年学術研究船「白鳳丸」KH-11-7次航海にて、福島沖・日本海溝・シャツキーライズの海底堆積物を採取した。堆積物の内部構造をX線CTスキャナーで、非破壊的に撮影した後、堆積物を0.5~2.0cm間隔で切断し、Ge半導体検出器を用いて線核種の放射能を測定した。福島沖及び日本海溝の堆積物から¹³⁷Csと¹³⁴Csが検出され、¹³⁴Cs/¹³⁷Cs比から検出された放射性セシウムの大部分が福島第一原発に由来すると考えられたが、外洋では福島第一原発の影響はみられなかった。また、堆積物の最表層と試料全体では¹³⁷Csや¹³⁴Csの存在量が異なっており、海底変動が想定されると考えられる海域において環境放射能評価を行う際は試料全体を用いる必要性が示唆された。さらに海底変動は、I) 本震によるタービダイトの形成、II) 本震と余震によるタービダイトの形成、III) 最表層付近における複数回のタービダイトの形成などに分けられ、人工放射性核種・自然放射性核種を用いて地震に伴う海底堆積物変動の詳細を把握し分類できることが示唆された。

キーワード: 放射性セシウム, 放射能評価, 海底変動

Keywords: radioactiv cesium, assess the radioactivity, marine sediment change

福島県沿岸における放射性ストロンチウムの分布-二枚貝によるモニタリング結果から-

The distribution of radioactive strontium in coastal area of Fukushima Prefecture, Japan

苅部 甚一^{1*}, 田中敦¹, 栗島克明², 木方展治³, 柴田康行¹

Zin'ichi Karube^{1*}, Atsushi Tanaka¹, Katsuaki Kurishima², Nobuharu Kihou³, Yasuyuki Shibata¹

¹ 国環研, ² WDB (株), ³ 農環研

¹NIES, ²WDB Co.,Ltd., ³NIAES

国立環境研究所では、2002年から新たな環境問題に備えて日本沿岸各地の環境試料(二枚貝等)を長期保存している(名称:環境試料タイムカプセル)。これらの環境試料は、環境中の物質を一定期間濃縮、保持する機能があるため、環境モニタリングに有用であるとともに、長期保存試料の場合は過去の環境情報を得ることができる。その最中、2011年3月の福島第一原子力発電所(原発)事故によって、放射性セシウムとともに放射性ストロンチウム(Sr-89、90)が大気だけではなく海洋にも直接放出された。しかし、その放射性ストロンチウムの環境中の存在量および挙動は不明である。そこで本研究では、二枚貝を用いて福島県沿岸における放射性ストロンチウムの分布を明らかにすることを目的とした。

調査は2011年6~8月および2012年5月に茨城県(大洗町)、福島県(いわき市、広野町、南相馬市、相馬市)、宮城県(石巻市)、青森県(東通村)で行った。採取した二枚貝は軟体部を硝酸及び塩酸を用いて酸分解し、海水は炭酸塩沈殿による濃縮後にクラウンエーテル樹脂を用いてストロンチウムの分離を行った。放射性ストロンチウム(Sr-89、Sr-90)および放射性イットリウム(Y-90)のベータ線は低バックグラウンド2 ガスフローカウンターを用いて測定し、Sr-89とSr-90の放射能を算出した。

2011年における二枚貝Sr-90は、原発が一番近い広野町(原発から南に23km)で 0.17 ± 0.07 Bq/kgと最も高く、原発北側と南側ともに原発から離れるにしたがって値が低くなる傾向があった。二枚貝と海水のSr-90比(見かけのSr-90濃縮率:二枚貝/海水)は、いわき市(南48km)で2.9、相馬市(北37km)で1.2となり、原発南側で高かった。同時に測定した放射性セシウムとの比(Sr-90/Cs-137)は、福島県内の各地点で大きな違いは見られなかった(0.0008~0.0015)。これらの結果は、放射性ストロンチウムの二枚貝への蓄積が放射性セシウムと同様に原発に近くかつ南側で多くなっていたことを示している。2012年の福島県の二枚貝Sr-90は、原発南側で高い状態が維持されるものの(広野町: 0.085 ± 0.012 Bq/kg)、全地点で前年よりも減少していた。また、Sr-90/Cs-137は、原発南側の広野町およびいわき市で0.017~0.011となった。これらの結果は、二枚貝中の放射性ストロンチウムが2011年から2012年にかけて各地点で減少していること、及びその減少傾向が放射性セシウムに比べて緩やかである可能性を示している。以上の結果から、原発由来の放射性ストロンチウムの生物(二枚貝)への蓄積、及び原発北側よりも南側への拡散が強かったことが示唆された。

キーワード: 放射性ストロンチウム, 福島第一原子力発電所事故, 二枚貝

Keywords: Radioactive strontium, the Fukushima accident, Bivalve

Transfer of fallout radiocaesium from catchment to coast in the region impacted by the Fukushima nuclear accident

Transfer of fallout radiocaesium from catchment to coast in the region impacted by the Fukushima nuclear accident

Will Blake^{1*}, Hugh Smith², Yuichi Onda³, Kazuya Yoshimura³, Yosuke Yamashiki⁴, Yuki Matsuura⁵
Will Blake^{1*}, Hugh Smith², Yuichi Onda³, Kazuya Yoshimura³, Yosuke Yamashiki⁴, Yuki Matsuura⁵

¹Plymouth University, UK, ²University of Liverpool, UK, ³University of Tsukuba, ⁴Kyoto University, ⁵Yachiyo Engineering Co.
¹Plymouth University, UK, ²University of Liverpool, UK, ³University of Tsukuba, ⁴Kyoto University, ⁵Yachiyo Engineering Co.

There is considerable concern about redistribution of radiocaesium from catchment soils to the coastal zone via river networks in the region impacted by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. This poster reports the magnitude of fluvial transfer of Cs-134 and Cs-137 through river networks located across the fallout region from June 2011 to present. Data from 30 sites provide a regional-scale measure of fallout radiocaesium transfer by river networks to the coastal zone. Study catchment areas range from 8 to 5,172 square kilometers and span a large range in average radiocaesium catchment inventories based on MEXT inventory mapping. Flow and turbidity (converted to suspended sediment concentration) were measured at river gauging stations (n=30) while bulk suspended sediment samples were collected at regular intervals using time-integrated samplers to allow measurement of Cs-134 and Cs-137 activity concentrations by gamma spectrometry. Preliminary data explore the relationship between catchment inventory and sediment activity concentration. In the context of high resolution river monitoring data, this permits exploration of the interplay between suspended sediment loads and levels of contamination on the total flux and regional-scale variability of transfer to the coastal zone.

キーワード: Fukushima, sediment flux, radiocaesium, rivers

Keywords: Fukushima, sediment flux, radiocaesium, rivers

チバラキトプリュームと集水域単元の階層性について About the configurationality of catchment area unit and ChIbarakiTo Plume

木村 和也^{1*}, 楡井 久¹, 中臺大幾¹, 檜山 知代², 上砂正一³

Kazuya Kimura^{1*}, hisashi nirei¹, Daiki NAKADAI¹, Tomoyo Hiyama², Shoichi UESUNA³

¹ 医療地質研究所, ² 関東建設 (株), ³ 環境地質コンサルタント

¹Medical Geology Research Institute, ²Kanto Construction, ³Environmental Geology Consultant

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故により、大量の放射性物質が放出された。それらの内、比較的半減期の長いCs-137及びCs-134による放射能地質汚染が、東日本で広域的に発生した。

この放射能汚染問題に対し、国際地質科学連合・環境管理委員会 (IUGS-GEM) は、地質学的法則に沿って放射性物質を測定し、対策を施す事が重要であるという国際宣言を2011年6月に採択している。

筆者らはこの宣言に則り、昨年10月から携帯ガンマー線スペクトロメータRT-30(GEORADIS社製)および据置型ガンマー線スペクトロメータRT-50(GEORADIS社製)を用いて、主に古関東深海盆地の気中や河底・湖底の放射線量を測定し、データを蓄積してきた。本稿ではその結果から、古関東深海盆地における放射能汚染の分布・形態、またそれらへの対策の片鱗を述べる。

キーワード: セシウム-134, セシウム-137, 放射能地質汚染, 福島第一原子力発電所事故, チバラキトプリューム

Keywords: Cesium-134, Cesium-137, radioactive geo pollution, Fukushima Daiichi nuclear disaster, ChIbarakiTo Plume

関東地方における放射性物質汚染の変化 Change of the Radioactive Material Pollution in the Kanto District

橋本 博文^{1*}

Hirofumi Hashimoto^{1*}

¹ 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

¹ ISAS/JAXA

2011年3月11日の東日本大震災にともなう東京電力福島第一原子力発電所の事故により、多量の放射性物質が放出されて周辺に降り注ぎ、遠く離れた関東地方の一部でもホットスポット（放射線量が局所的に強い箇所）が発生し大変深刻な問題になっている。この関東の放射線ホットスポットは、主に3月21日の降雨によりもたらされ、茨城県南部、千葉県北西部、東京都東部の帯状の範囲にわたり観測されている。

ホットスポットの中心地域にあたる柏市のある集合住宅1階の庭（土壌部分）の放射線量は4月18日の時点で42,000Bq/m²もあった。これは1986年のチェルノブイリ原発事故で多大な被害を受けたベラルーシの都市ゴメリでの値よりも大きく、管理区域あるいは避難区域に該当するものである。その後、6月に柏市の土壌を採取し、プラスチック・シンチレータにより精密に放射性物質の量を測定したところ、13,000 Bq/kg を記録した。また、Ge 半導体検出器によりエネルギースペクトルを測定し分析したところ、主な核種は¹⁴¹I（半減期：8日）、¹⁴³Cs（半減期：2年）、¹⁴⁷Cs（半減期：30年）であることがわかった。

自動車に線量計を搭載してGPSと連動させて自動記録することにより、関東地方の一部を走行し線量分布を測定した。昨年夏季（2011年7～9月）と今年冬季（2012年1～3月）の測定により、半年の分布の変化を明らかにした結果、放射線量は全体的に減ってきていることがわかった。

さらに、柏市のある集合住宅の敷地内の定点7箇所において3ヶ月毎に線量を測定し、その変化を明らかにした結果、2011年の冬までに線量は大きく下がり、その後はあまり変わらないことがわかった。昨年までに塵埃に付着した放射性物質は風雨により拡散して薄まるように移動したと考えられるが、一方、停留しやすい場所に濃縮されていることも各地で報告されている。食品の安全性も含め、まだまだ予断を許さない状況が続いている。

本報告では、IASの齊藤威氏、富山大のZolotoukihina Tatiana氏、(株)タナビキの田藤範明氏、ISASの高橋忠幸氏にご協力いただき、お世話になりました。ここに記して謝意を表します。

キーワード: 放射性物質, 汚染, 関東地方

Keywords: Radioactive Material, Pollution, Kanto District

Detailed monitoring of transfer of ^{137}Cs at the hillslope scale by in situ HPGe spectrometry and landsurvey

Detailed monitoring of transfer of ^{137}Cs at the hillslope scale by in situ HPGe spectrometry and landsurvey

Jeremy Patin^{1*}, Yuichi Onda¹, Hiroki Yoda²

Jeremy Patin^{1*}, Yuichi Onda¹, Hiroki Yoda²

¹Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, ²Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

¹Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, ²Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

This study takes place after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant disaster of March 2011, which was triggered by the Tohoku earthquake and the tsunami that followed. A large amount of radionuclides was released in the environment and settled in the form of fallout that contaminated the underlying soil. To provide a rapid assessment of the soil contamination and its potential redistribution, intensive scientific monitoring has been conducted since July 2011 in our study site, located in the Yamakiya district of Kawamata town, in the Fukushima prefecture, 37 km North-West from the crippled power plant.

At the hillslope scale, the main radiocesium movements are expected to occur via the redistribution of soil, namely erosion and deposition. As such, understanding erosion processes at the highest possible resolution allows for a better understanding of the fate of radiocesium.

Inside a 5 m x 22 m bounded hillslope plot, we deployed multiple innovative monitoring methods in addition to the measurements of runoff volumes and sediments radiocesium concentrations. Each major rainfall event was followed by a large number of spatially-distributed in situ gamma spectrometry measurements. The method is calibrated outside of the study plot using manual, high resolution, depth sampling (slices of 2 mm) of the soil and laboratory gamma spectrometry. From this calibration, maps of the radioactivity and soil redistribution can be constructed at the meter resolution.

In 2011 and 2012, several high resolutions Digital Elevation Models were acquired with a terrestrial laser scanner to assess the surface topography changes. After processing, and although the precision of the final DEMs (~2mm) is not enough to precisely identify and quantify the soil losses for a short interval of time, these DEMs do provide some information about the potential erosion and deposition sites.

Finally both methods permitted to observe physical processes of soil redistribution at the (big) rainfall event scale, including interrill and rill erosion, as well as local deposition and remobilization phenomenon. They provide information on the erosion spatio-temporal variability and the associated radionuclides transfers.

キーワード: ^{137}Cs , Erosion, HPGe spectroscopy, Laser scanner, radiocesium, Fukushima

Keywords: ^{137}Cs , Erosion, HPGe spectroscopy, Laser scanner, radiocesium, Fukushima

岩手県内における福島第一原子力発電所由来の放射性物質による汚染状況 Deposition of radioactive materials in Iwate Prefecture, due to the Fukushima Nuclear Power Plant accident

伊藤 英之^{1*}

Hideyuki Itoh^{1*}

¹ 岩手県立大学

¹Iwate Prefectural University

2011年3月11日に発生したM9.0の巨大地震は、太平洋沿岸の広い範囲に巨大津波をもたらし、死者15,859人、行方不明者3,021人(2012年5月30日警察庁発表)という極めて深刻な被害をもたらした。この津波により、東京電力株式会社の福島第一原子力発電所の原子炉6基のうち、1号機、3号機、4号機が12日午後から15日朝にかけて相次いで水素爆発を発生させ、大量の放射性物質を放出、深刻な社会問題を引き起こした。

文部科学省の航空機モニタリングでは、福島第一原子力発電所を中心に、東北日本の広範囲に放射性物質汚染が報告されており、福島第一原子力発電所から200km以上離れた岩手県においても、県南部を中心として放射能汚染が確認されている。しかしながら、航空機モニタリングでは、分解能からの制約等により線量率0.1 μ Sv/h以下の低線量率地域の汚染状況の詳細は把握できない。一方、岩手県においても低線量率地域からの農産物から規制値を超える放射能汚染が多数報告されており、岩手県内における詳細な放射性物質の沈着状況を把握することが重要である。

大気中における放射性物質の拡散・堆積は、火山噴火に伴って放出される火山灰の挙動と類似しており、火山学の知見がそのまま応用できる。そこで、本研究では、筆者の火山研究の経験を応用し、岩手県内とその周辺約800箇所における放射線強度を実測し、線量率の詳細な空間分布を把握した。

キーワード: 東日本大震災, 福島第一原子力発電所, 岩手県, 放射性物質, 汚染状況

Keywords: The Great East Japan Earthquake, Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, Iwate prefecture, Radioactive materials, disposition

源流域における放射性セシウム水系への移行状況 Dynamics of radiocesium in terrestrial water at headwaters

辻村 真貴^{1*}, 恩田 裕一¹, 安部 豊¹, 羽田 真奈美¹, Pun Ishwar¹, 西野 正高¹
Maki Tsujimura^{1*}, Yuichi Onda¹, Yutaka Abe¹, Manami Hada¹, Pun Ishwar¹, Masataka Nishino¹

¹ 筑波大学

¹University of Tsukuba

福島県川俣町山木屋地区における、水循環にともなう放射性セシウムの動態を報告する。源流域を対象とし、降水、土壌水、地下水、湧水、渓流水における放射性セシウムの移行実態を明らかにするため、各種水における放射性セシウム濃度、無機溶存成分、安定同位体、フロン濃度等の測定を行った。その結果、源流域における放射性セシウム水系への移行は、きわめて少ないことが示された。

キーワード: 陸水, 水循環, 放射性セシウム

Keywords: terrestrial water, hydrological cycle, radiocesium

阿武隈川における放射性物質流出調査について Release of Radionuclides from Natural River, Abukuma as Suspended Particulate Matter into Pacific Ocean

山敷 庸亮^{1*}, 恩田 裕一⁴, 五十嵐 康人³, 若原 妙子⁴, 立川 康人⁵, 椎葉 充晴⁵, 松浦 裕樹⁶
Yosuke Yamashiki^{1*}, Yuichi Onda⁴, Yasuhito Igarashi³, Taeko Wakahara⁴, Yasuto Tachikawa⁵, Michiharu Shiiba⁵, Yuki Matsuura⁶

¹ 京都大学大学院総合生存学館, ² 海洋研究開発機構アプリケーションラボラトリ, ³ 気象研究所 環境・応用気象研究部,
⁴ 筑波大学大学院生命環境科学研究科, ⁵ 京都大学大学院工学研究科, ⁶ 八千代エンジニアリング
¹Graduate School of Advanced Integrated Study in Human Survivability, ²Application Laboratory, JAMSTEC, ³Atmospheric
Environment and Applied Meteorology Research Department, MRI-JMA, ⁴Graduate School of Life and Environmental Sci-
ences, University of Tsukuba, ⁵Graduate School of Engineering, Kyoto University, ⁶Yachiyo Engineering Co. Ltd

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（岩沼・伏黒地点は8月10日）から2012年5月10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。

結果、平成23年8月10日12:00~平成24年5月10日12:00の間の海洋へのフラックス推定量と考えられる岩沼地点における放射性セシウム輸送量はCs-137で9.11TBq/274日、Cs-134で6.81TBq/274日となった。図5.3.2-29の中には各地点での台風15号の期間における放射性セシウム量も合わせて示した。平成23年9月19日0:00~平成23年9月27日0:00の間の海洋へのフラックス推定量と考えられる岩沼地点における放射性セシウム輸送量はCs-137で5.94TBq/8日（全期間の65%）、Cs-134で4.85TBq/8日（全期間の71%）となっており、ほとんどの放射性セシウムフラックスは平成23年9月19日~9月27日の間の台風15号通過時による出水期に発生しているといえる。

キーワード: 放射性物質, 河川, 海洋, 懸濁物質, フラックス

Keywords: Radionuclides, River transport, Ocean, Suspended particulate matter, Flux

シアノバクテリアの放射性セシウム除染能力 Mat-forming cyanobacteria effectively decontaminate radioactive cesium

山本 純之^{1*}, 吉田 繁¹, 山西弘城², 伊藤哲夫², 古川道郎³

Atsushi Yamamoto^{1*}, YOSHIDA, Shigeru¹, YAMANISHI, Hirokuni², ITOH, Tetsuo², FURUKAWA, Michio³

¹ 近畿大学理工学部生命科学科, ² 近畿大学原子力研究所, ³ 福島県川俣町長

¹Department of Life Science, Kinki University, ²Atomic Energy Research Institute, Kinki University, ³Mayor of Kawamata-Machi, Fukushima

2011年3月の東京電力福島第1原子力発電所事故は、周辺地域に放射性セシウムによる土壤汚染をもたらした。セシウムは特に地表から1cm以内の細粒土壤(直径0.125mm以下)に吸着している事が知られている(山西他, 2012; 稲垣他, 2012)。除染作業には、汚染土壤の固定(他地域への汚染拡散の防止)、固定した汚染土壤の除去、除染の継続という3点が重要であると考えられる。地球科学では、一部のLagerstättenの形成や堆積構造の保存には、堆積最初期にバクテリアマットによる土壤固定が必要と指摘されている。このことから、バクテリアマットを人工的に形成し、土壤を固定できれば、タフオノミーを基にした除染技術を提案できると期待できる。本研究は、ストロマトライト形成実験時に開発したシアノバクテリアマット形成法を応用し、水田の除染技術開発を目指している。本発表では、シアノバクテリアのセシウム吸収能力を明らかにするため、バクテリアマットを人工形成し、マット、およびマットから分離した土壤(残土)の¹³⁷Cs(半減期:約30年)濃度を測定した。実験には、計画的避難区域(福島県川俣町山木屋地区)の汚染土壤を用い、シャーレに約5mm厚の土壤を入れ、その表面にシアノバクテリアマットの形成を試みた。シアノバクテリアは、山木屋地区の試料から分離した福島株など3種を用いた。マットの形成は、25℃、明:暗=12h:12hの恒温槽内で行い、土壤は細粒(<0.125mm)・粗粒(>0.125mm)の2種類の粒度を用いた。形成できたバクテリアマットは、乾燥後にシャーレから剥離した後、土壤が分離できなくなるまで蒸留水で洗浄し、自然乾燥の後、¹³⁷Cs濃度を測定した(近畿大学原子力研究所のゲルマニウム半導体検出器を使用)。また、最終の洗浄時に分離できた土壤を残土とし、これも自然乾燥後、¹³⁷Cs濃度を測定した。

2カ月間の培養後、すべての試料で土壤表面全体を覆う厚さ1-2mmのバクテリアマットを形成できた。シアノバクテリアは土壤粒子の間隙を埋めるようにマットを形成し、剥離後のマット形態、およびマットの強度はシアノバクテリアの種によって異なった。測定したバクテリアマットの¹³⁷Cs濃度は、細粒粒子上のマットは180-380 Bq/g、粗粒粒子上のマットは70-600 Bq/gであり、すべての試料に置いて非常に高濃度であった。また、¹³⁷Cs濃度のばらつきは種に依存していた。一方、残土の¹³⁷Cs濃度は、細粒では90-240 Bq/g、粗粒では5-19 Bq/gであり、ほぼすべての試料で¹³⁷Cs濃度の減少が見られた。なお、コントロールの土壤と残土の¹³⁷Cs濃度から産出した¹³⁷Cs除去率は、細粒土壤では45-54%、粗粒土壤では30-50%であり、除去率においても種によるばらつきが見られた。更に、すべての除去率について比較した場合、細粒での除去率は粗粒よりも高い傾向が見られた。これは、除染率がシアノバクテリアと接する土壤粒子の表面積の差に依存するためと考えられる。水田の地表付近の土壤粒子の粒径は約8割が0.02mm以下であるため(塩野他, 2011)、細粒でより除去率が高いシアノバクテリアは水田での利用に適していると言える。最後に、シアノバクテリアマットと残土から産出した¹³⁷Cs濃縮率は1.3-53倍であり、従来の研究で濃縮力が高いとされた高等植物(Dushenkov *et al.*, 1999)と同程度かそれ以上の値を示した。以上の実験事実より、シアノバクテリアは高い放射性セシウム除染能力を持ち、特に水田のファイトレメディエーションで用いる候補として非常に有望であると考えられる。

キーワード: シアノバクテリア, ファイトレメディエーション, 放射性セシウム, 除染, バクテリアマット, 福島第一原発
Keywords: cyanobacteria, phytoremediation, radiocesium, decontamination, bacteria mat, Fukushima I NPP

落葉分解における放射性セシウム濃度はカビ食動物の摂食によって促進される Radio-cesium accumulation during decomposition of leaf litter accelerated by fungal grazers

金子 信博^{1*}, 中森泰三¹, 黄よう¹, 三浦季子¹

Nobuhiro Kaneko^{1*}, Taizo Nakamori¹, Huang Yao¹, Toshiko Miura¹

¹ 横浜国立大学大学院環境情報研究院

¹ Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

福島第一原子力発電所の事故により、広大な森林が放射性同位元素によって汚染された。ほとんどの森林は落葉広葉樹林と常緑人工林である。落葉広葉樹林の林床と常緑樹の樹幹がフォールアウトによってもっとも強く汚染された。放射性セシウムは森林生態系の中で長期に生物利用可能な形で留まるので、森林生態系の除染を行うためにはこの循環を断ち切る必要がある。森林除染を進めるために、森林における放射性セシウムの生態学的な循環について研究する必要がある。キノコ類(カビ)は高いセシウム濃度を示すことが知られている。森林生態系におけるキノコの現存量は少ないが、腐植層や土壤中の菌糸体の量はきわめて多いので、汚染された森林では菌糸体がかなりの量の放射性セシウムを保持している。落葉分解過程において窒素やリンなどの元素の濃度や量が増加し、カリウムなどの元素が減少することが知られている。我々が放射性セシウム(134-137)の土壤汚染濃度がおよそ100kBq/m²である落葉広葉樹林で落葉分解過程における放射性セシウムの動態を調べた。2011年の秋に新たに落葉した落ち葉(およそ半分がコナラ)を16gずつリターバッグに詰め、福島第一原発から約50km離れた落葉広葉樹林の林床に設置した。土壤節足動物の影響を検知するために2mm目と0.2mm目のリターバッグを用意した。2011年12月の落葉の放射性セシウム濃度はおよそ3,000Bq/kgであったが、半年で10,000Bq/kgを越える濃度を示し、分解初期にセシウムがカリウムとは違う挙動を示すことがわかった。分解初期には落葉上のカビの現存量が増加した。したがって腐植層や土壤から落葉への上方へのセシウムの移動は、カビによる移動によることを示している。粗メッシュのバッグに入れた落葉の方が細メッシュ中の落葉より高いセシウム濃度を示した。これは菌食性の土壤動物による摂食が、カビによるセシウムの取り込みを促進したためであると考えた。

キーワード: 福島第一原子力発電所, 放射性セシウム汚染, 森林生態系, カビ, 土壤動物, 分解系

Keywords: Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, radio-cesium, forest ecosystem, fungi, soil animals, decomposition system

