

## 茨城県つくば市で観測された原発事故由来の放射性ストロンチウム Radioactive strontium from the Fukushima Nuclear Power Plant accident observed at Tsukuba, Ibaraki, Japan

五十嵐 康人<sup>1\*</sup>, 岩井和加里<sup>1</sup>, 佐向洋<sup>2</sup>, 鍋島一真<sup>1</sup>, 梶野 瑞王<sup>1</sup>

IGARASHI, Yasuhito<sup>1\*</sup>, Wakari Iwai<sup>1</sup>, Hiroshi Sakou<sup>2</sup>, Kazuma Nabeshima<sup>1</sup>, KAJINO, Mizuo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 気象研究所 環境・応用気象研究部, <sup>2</sup> アトックス

<sup>1</sup>Meteorological Research Institute, <sup>2</sup>Atox Co. Ltd.

### はじめに

1986年のチェルノブイリ事故以降、重大な原子力事故は発生しておらず、大気環境中での人工放射性核種の濃度水準は、きわめて低いレベルで推移してきた。ところが、2011年3月11日に東北大地震・津波により東京電力福島第一原子力発電所が被災して重大事故となり、新たに大気環境へチェルノブイリ事故の数分の一に達する放射性物質が放出・付加された。この大規模な汚染によって、大気環境中での人工放射性核種の濃度水準も大きな影響を受けた。気象研究所では、大気試料の採取及び試料中の放射能の分析を事故前後で継続した。これまで報告したのは、Ge半導体検出器によって化学操作等なしに測定が可能な線放出核種の結果のみであった。その後放射性Srの分析を開始したので、本発表では大気中濃度および月間降下量について、報告する予定である。

### 分析方法概要

茨城県つくば市の気象研究所観測露場に設置した大容量サンプラー（柴田科学製 HV-1000F）により、石英繊維フィルター（アドバンテック QR100, サイズ 203mm × 254mm）に大気を通し、大気エアロゾルを捕集し、試料とした。通常は1週間以上の捕集時間だが、事故が明らかになったことから、1回の捕集時間は6時間～1日とした。サンプラーの流量は700 L/minで設定しており、収集された空気量は約250, 500, または1000立方メートル（それぞれ捕集時間が6, 12, 24時間のとき）になる。放射性Sr分析は、以下のペレット作成前にパンチで打ち抜いた試料の一枚を分析に供した（約2%相当）。放射性Srを発煙硝酸法等からなる沈澱法を主体とした放射化学分離により精製し、最終的に炭酸Sr塩として線源固定した。<sup>90</sup>Y放射能の成長および<sup>89</sup>Srの減衰を見るために、低バックグラウンド2 ガスフロー検出器で長期間にわたり放射能を測定した。他方、線放出核種の定量は、試料を油圧プレス器によりペレット状に圧縮した後、Ge半導体検出器を用いて行った。なお、最初の濃度ピーク以前の試料は濃度が低く、つくばにある検出器は汚染を受けて測定が困難だったため、大きな汚染が及んでいない西日本にある京都大学原子炉実験所で測定した。

月間大気降下物試料の採取は、事故前後で途絶えることなく、気象研究所および群馬県榛名山で実施した。降下物試料はGe半導体検出器で線放出核種を定量した後、一部を使用して放射性Srの分析を大気フィルター試料と同様の化学操作で分離、放射能の計測に供した。

### 結果概要

つくばでの線放出核種の大気中濃度時系列データは、3月中に二度の上昇を示した。これらのピークは、2011年3月における、福島原発からの放射性プルームの関東平野への顕著な移流拡散事象を捉えていた。放射性Srが検出できたフィルター打ち抜き試料も3月15日前後、および3月21日前後の試料のみであり、それ以外では試料供試量が少なかったため、検出下限を下回った。<sup>89</sup>Srは半減期50日ほどで半減するため、フィルター試料では検出が困難であった。<sup>137</sup>Cs/<sup>90</sup>Sr比は検出事例では約1000程度で、原子力安全保安院の<sup>90</sup>Sr放出量評価とほぼ合致する数値と考えている。さらに、それぞれの移流事象では事故現場での放出物の違いがあると考えられ、酸への溶解性が異なることもわかった。

キーワード: 放射性ストロンチウム, 大気試料, 福島原発事故, 放出量

Keywords: Radioactive strontium, Atmospheric samples, the Fukushima accident, Emission inventory

## 福島第1原子力発電所事故由来のエアロゾル態放射性セシウムの微物理・化学特性 Physico-chemical characteristics of airborne radio cesium from the Fukushima accident

兼保 直樹<sup>1\*</sup>, 大橋英雄<sup>2</sup>, 鈴木芙美恵<sup>2</sup>, 奥田知明<sup>3</sup>  
KANEYASU, Naoki<sup>1\*</sup>, Hideo Ohashi<sup>2</sup>, Fumie Suzuki<sup>2</sup>, Tomoaki Okuda<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人 産業技術総合研究所, <sup>2</sup> 東京海洋大学, <sup>3</sup> 慶応大学

<sup>1</sup>Nat. Inst. Advanced Industrial Sci&Tech, <sup>2</sup>Tokyo Univ. of Marine Sci.& Tech., <sup>3</sup>Keio University

福島第一原子力発電所事故の直後より、ハイボリューム・エアサンプラ等により捕集された大気エアロゾル中の放射性核種の測定は各地で実施され、多くの結果が公表されている。しかし、これらの放射性核種の大気中からの湿性(雲過程を含む)・乾性沈着による除去、および呼吸器内の各部位への沈着を考える際に重要な情報と考えられるエアロゾル中の放射性核種の粒径分布については、その測定例をほとんど見ない。そこで、事故後40日以上が経過した時点ではあるが、茨城県つくばにおいて大気エアロゾルの粒径別捕集を開始し、そこに含まれる放射性核種の測定を実施した。また、捕集されたエアロゾル中放射性核種の液相への抽出実験を実施した。

エアロゾル捕集は茨城県つくば市にある産業技術総合研究所の4階バルコニーにおいて、2011年4月28日より低圧型カスケードインパクト( Low-pressure cascade impactor, Tokyo Dylec LP-20)を用いて実施した。12段の衝突捕集材としてアルミニウムシートまたは石英繊維フィルター(Pallfex 2500QAT-UP)を用い、13段目のバックアップフィルターには同じ石英繊維フィルターを用いた。吸引流量は $23.6 \text{ L min}^{-1}$ 、吸引時間は事故後に相当の日数が経過したことから2週間~40日と長く取った。放射性核種の測定は東大宇宙線研究所に設置された低バックグラウンドガンマ線スペクトロメーターを用いて行われた。

2011年4月28日~5月12日にアルミシート上(最終段は石英繊維)に捕集された大気エアロゾル(LPI-AIST-1 サンプル)中の<sup>137</sup>Csおよび<sup>134</sup>Cs放射能粒径分布はほぼ同型で、その大部分がサブミクロン領域に分布していた。粒径分布は $0.5\text{-}0.7 \mu\text{m}$ に最大値を持ち、かつ $0.2\text{-}0.3 \mu\text{m}$ にも極大値を持つ二峰性の特徴的な形を示した。この二峰性の特徴は次の5月12~26日のLPI-AIST-2 サンプル(石英繊維フィルター上に捕集)では消え、 $0.5\text{-}0.7 \mu\text{m}$ に最大値を持つ単峰のLog-normal型のピークとなっている。

LPI-AIST-1および2 サンプルから分析されたエアロゾル主要成分の質量粒径分布のうち、 $\text{nss.SO}_4^{2-}$ の質量粒径分布は<sup>137</sup>Csおよび<sup>134</sup>Csの放射能粒径分布とほぼ同じ微小域に存在した。一方、他の組成の多くは粗大域に存在した。LPI-AIST-1のCs同位体でみられた微小域での二峰性の分布は、 $\text{SO}_4^{2-}$ の質量粒径分布によく見られるdroplet modeの形成とほぼ一致する。また、LPI-AIST-1および2の放射能中央空気力学径(Activity Median Aerodynamic Diameter: AMAD)は $\text{nss.SO}_4^{2-}$ の質量中央空気力学径と一致した。また、今回測定された放射性CsのAMADは、事故形態の違いにもかかわらず、チェルノブイリ事故時に各地で測定された<sup>137</sup>CsのAMADとあまり大きな差がない。

これより得られる結論は、以下のものである。

- ・放射性セシウムの大部分がサブミクロン域(Accumulation mode)にあるということは、土壌粒子収着・再飛散はこの時点(2011年4月末~5月)では少ない
- ・放射性セシウムの放射能粒径分布はsulfate粒子の質量粒径分布ときわめて近い分布であり、サブミクロン域にダブルピークがみられたことは、その担体・輸送メディアはsulfateである可能性が大きいことを示す。すなわち、放射性セシウムの湿性除去過程のモデリングにはsulfateを使えとえられる。
- ・本結果からは、内部被曝評価のためBqをSvに変換するeffective dose conversion factorを選択する際、ICRP-66のデフォルト値であるAMAD: $1 \mu\text{m}$ (公衆カテゴリ)は大き過ぎる可能性があることが示唆された。

また、チェルノブイリ事故時に採取された同様なエアロゾル・サンプルでは、水のみで抽出可能な放射性セシウムは20%程度で、0.1M程度の塩酸で抽出処理を行っても、依然30%以上の放射性セシウムは抽出できなかったことが報告されている。そこで、LPI-AIST-1で最大の放射能粒径を示した8段目( $0.5\text{-}0.7 \mu\text{m}$ )に捕集されたエアロゾル・デポジット中の放射性セシウムの液相への successive な抽出実験を行った。サンプルが捕集されたアルミシートの1/4枚を純水(水画分)中に20分間静置して引き上げ、次に0.1Mの塩酸(塩酸画分)中に20分浸してこれも引き上げ、最後に1Mの塩酸中にアルミシートごと全溶解させた(残渣)。この抽出実験の結果については講演で発表する。

キーワード: 放射性セシウム, 粒径分布, 内部混合, 硫酸塩, エアロゾル  
Keywords: radio cesium, size distribution, internal mixture, sulfate, aerosol

## 福島第1原子力発電所から放出された放射性物質量の逆解析による推定 Estimation of released radioactive materials from Fukushima power plant by inverse model

眞木 貴史<sup>1\*</sup>, 梶野 瑞王<sup>1</sup>, 田中 泰宙<sup>1</sup>, 関山 剛<sup>1</sup>, 千葉 長<sup>1</sup>, 五十嵐 康人<sup>1</sup>, 三上 正男<sup>1</sup>

MAKI, Takashi<sup>1\*</sup>, KAJINO, Mizuo<sup>1</sup>, TANAKA, Taichu<sup>1</sup>, Tsuyoshi Thomas Sekiyama<sup>1</sup>, Masaru Chiba<sup>1</sup>, IGARASHI, Yasuhiro<sup>1</sup>, MIKAMI, Masao<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 気象研究所

<sup>1</sup> Meteorological Research Institute

2011年3月に発生した福島原子力発電所の事故において多量の放射性物質が放出された。本件に関し、国内外の様々な機関が輸送モデルを用いた予測結果を公表したが、その殆どは放出量を固定値や推定値としたために予測結果はあくまでも相対的なものに留まった。今回は、この放出量の推定を目的として逆解析の手法 (Maki et al., 2011) を応用し、輸送モデルのタグ付き輸送実験の結果と放射線量観測データを元に、放出された放射線量を推定するシステムの構築を行った。

輸送モデルはMRI-PM/r (梶野ら、2011) のタグ付きトレーサー実験の結果を用いた。水平解像度は5km (予測範囲は500km × 500km)、6時間毎、高度は3レベル (0-100m、100-200m、200-400m) の一定量放出のタグ付き輸送実験を行った。観測データは文科省等が実施している環境放射能のモニタリング結果の49地点の特別値を用いた。放出量の先験情報としては先行研究 (Chino et al., 2011) の結果を用いた。現在、全球的な観測データ (CTBT など) と全球エアロゾル輸送モデル MASINGAR (Tanaka et al., 2003) の計算結果を用いた解析を実施中である。

逆解析を用いることによって、観測データにもより整合し、かつ与えた先験情報からも大きく離れない解析結果を得ることができた。解析精度や解析可能な空間・時間分解能は与える観測データの質と量に大きく依存することも分かった。また、今回の解析で先験情報よりも高い放出量極大値を解析することができた。

本システムを発展させることによって、原発等の事故発生時における速報的な監視予測システムの構築や総放出量の精密な解析が可能になることが期待できる。同システムの構築には沈着過程も含めた輸送モデルの精緻化と、より多数の観測データ入手、より確からしい先験情報の入手などが鍵になると考えられる。

キーワード: 逆解析, 福島第1原子力発電所, 放射性物質

Keywords: Inverse model, Fukushima Dai-ichi nuclear power plant, radioactive materials

## 気象研究所における放射性物質の大気輸送の数値シミュレーション Numerical simulation of atmospheric transport of radionuclides in Meteorological Research Institute

田中 泰宙<sup>1\*</sup>, 梶野 瑞王<sup>1</sup>, 眞木 貴史<sup>1</sup>, 関山剛<sup>1</sup>, 五十嵐 康人<sup>1</sup>, 千葉長<sup>1</sup>, 三上 正男<sup>1</sup>

TANAKA, Taichu<sup>1\*</sup>, KAJINO, Mizuo<sup>1</sup>, MAKI, Takashi<sup>1</sup>, Tsuyoshi T. SEKIYAMA<sup>1</sup>, IGARASHI, Yasuhito<sup>1</sup>, Masaru CHIBA<sup>1</sup>, MIKAMI, Masao<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 気象庁気象研究所

<sup>1</sup> Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

気象研究所では、これまでに放射性物質の観測研究とともに、1986年のチェルノブイリ原発事故による放射性物質、再処理工場から放出されるクリプトン 85、土壌を起源とするラドン 222 とその壊変物質など、大気輸送モデルによる放射性物質のシミュレーション研究を行ってきた。我々は現在、東北地方太平洋沖地震による福島第一原子力発電所の事故による放射性物質の大気輸送に関するシミュレーションを行っている。放出された放射性物質の輸送・沈着の時空間分布を定量的に評価し、これをもとに領域および全球の大気輸送モデルの開発・改良を行っている。放射性物質輸送のシミュレーションを行う全球モデルには、エアロゾルモデル Model of Aerosol Species IN the Global Atmosphere (MASINGAR) を用いる。ここで示す実験の設定では、水平格子間隔約 0.56 °(TL319)、鉛直方向 40 層 (地表 ~ 0.4hPa) で、水平風速場は気象庁全球気象解析値を用いたナッジング手法によって気象場を現実に近い状態に近づけている。放出量は Chino et al. (2011) の推定値を用いている。放射性物質としては <sup>137</sup>Cs, <sup>133</sup>Xe, <sup>131</sup>I などを扱い、基本的には他の大気微量成分と同様に、大気中への放出・大規模移流、乱流混合や対流輸送等のサブグリッドの輸送、化学反応や放射性壊変による変化、乾性および湿性沈着を考慮している。領域大気輸送モデルである MRI-PM/r (Passive-tracers Model for Radioactivity) は、高度な乾性沈着、CCN 活性、IN 活性のパラメタリゼーションと、粒子ダイナミクス、混合相の雲微物理過程、放射性核種の微物理・化学過程、および環境エアロゾルとの相互作用を組み込んだ新しいモデルである。このモデルは、エアロゾルをカテゴリ法によりプライマリ放射性核種 (PRI), エイトケン粒子 (ATK), 累積モード粒子 (ACM), 海塩粒子 (SS), 土壌粒子 (DU), 花粉 (POL) に分類し、凝縮、蒸発、凝集、雲核活性、氷晶核活性、溶解、衝突併合 (washout), 雲微物理過程 (rainout; 雲水 CLD, 雲氷 ICE, 雨滴 RNW, 雪 SNW, 霰 GRW カテゴリ間の変換過程), 乾性沈着などの素過程を考慮している。大会では、これらのモデルによる成果の概要と課題点について報告する。

キーワード: 数値シミュレーション, 大気微量物質, 環境放射能

Keywords: Numerical simulation, Atmospheric trace substances, Environmental radioactivity

## 福島原発事故後の東日本における大気放射能濃度の変化 Intensity of atmospheric radioactivity over East Japan after Fukushima nuclear plant accident

北和之<sup>1\*</sup>, 笠原理絵<sup>1</sup>, 出水宏幸<sup>12</sup>, 渡邊明<sup>2</sup>, 鶴田治雄<sup>3</sup>, 植松光夫<sup>3</sup>, 桧垣正吾<sup>3</sup>, 吉田尚弘<sup>4</sup>, 豊田栄<sup>4</sup>, 篠原厚<sup>5</sup>, 五十嵐康人<sup>6</sup>, 三上正男<sup>6</sup>, 恩田裕一<sup>7</sup>, 末木啓介<sup>7</sup>, 滝川雅之<sup>8</sup>, 長林久夫<sup>9</sup>, 横山明彦<sup>10</sup>, 連携緊急放射性物質サンプリングチーム大気班および分析班<sup>11</sup>

KITA, Kazuyuki<sup>1\*</sup>, KASAHARA, Rie<sup>1</sup>, Hiroyuki Demizu<sup>12</sup>, WATANABE, Akira<sup>2</sup>, TSURUTA, Haruo<sup>3</sup>, UEMATSU, Mitsuo<sup>3</sup>, Shogo Higaki<sup>3</sup>, YOSHIDA, Naohiro<sup>4</sup>, TOYODA, Sakae<sup>4</sup>, Atsushi Shinohara<sup>5</sup>, IGARASHI, Yasuhito<sup>6</sup>, MIKAMI, Masao<sup>6</sup>, ONDA, Yuichi<sup>7</sup>, Keisuke Sueki<sup>7</sup>, TAKIGAWA, Masayuki<sup>8</sup>, Hisao Nagabayashi<sup>9</sup>, Akihiko Yokoyama<sup>10</sup>, Radioactivity monitoring team<sup>11</sup>

<sup>1</sup>茨城大学理学部, <sup>2</sup>福島大学, <sup>3</sup>東京大学, <sup>4</sup>東京工業大学, <sup>5</sup>大阪大学, <sup>6</sup>気象研究所, <sup>7</sup>筑波大学, <sup>8</sup>海洋研究開発機構, <sup>9</sup>日本大学, <sup>10</sup>金沢大学, <sup>11</sup>日本地球惑星科学連合-地球化学会-放射化学会, <sup>12</sup>茨城大学工学部技術部

<sup>1</sup>Faculty of Science, Ibaraki University, <sup>2</sup>Fukushima University, <sup>3</sup>University of Tokyo, <sup>4</sup>Tokyo Institute of Technology, <sup>5</sup>Osaka University, <sup>6</sup>Meteorological Research Institute, <sup>7</sup>Tsukuba University, <sup>8</sup>JAMSTEC, <sup>9</sup>Nihon University, <sup>10</sup>Kanazawa University, <sup>11</sup>JPGU-GSJ-JNRS, <sup>12</sup>Ibaraki University

東京電力福島第一原子力発電所の事故によって、原子炉施設から放射性物質がその時の気象条件に応じて周辺地域に飛散・拡散した。その結果生じた放射性物質汚染は、付近の住民にとっての深刻な問題であるのみならず、国民にとって最大の関心事の一つである。事故発生直後から、科学者・研究者として専門的知識を活かし、国民の不安を少しでも解消し、また放射性物質による環境汚染の影響を客観的に予測するために必要な情報を取得する活動を開始すべきであるという議論が有志により行われた。特に地球惑星科学連合に所属する地球化学、大気科学、および放射化学の研究者が連携し、大気、降水、土壌、地下水のサンプリングを系統的かつ広範囲に行い、精密な放射化学分析を実施することが提案され、地震に続く混乱の中ではあったが、いち早く実行に移された。

その活動の一環として、大気中に放出・浮遊・輸送されていく放射性物質の濃度を調べるため、3月下旬より北海道から沖縄まで20地点を越える場所でエアロゾルサンプリングが実施された。3月以降は大規模な放射性物質放出が起こっていないため、福島第一原子力発電所を囲むように配置された11ヶ所に縮減しつつ、9月まで24-72時間間隔でのサンプリングを実施し、現在も福島市、郡山市、丸森町、日立市の4箇所継続している。本研究では、これらのサンプリングにより明らかになった事故後1年余りの大気放射線濃度の変動について示す。

各地の放射性セシウムによる大気放射能濃度は、3月～5月には減少傾向を示したが、それ以降9月まではほぼ横ばいであった。9月以降はさらに濃度は減少した。しかし、単調に減少するのではなくしばしば短期的に10倍以上の濃度増加が見られた。この増加は、しばしば日立、柏、横浜など、福島第1原発から同方向の地点でほぼ同時に発生すること、極大値の変動が、福島第1原発西門での測定値の増減傾向とよく一致していることから、低濃度ながらも事故現場から漏出され続けていた放射性物質が大気中を輸送されていることを示し、JAMSTECにより開発された大気輸送モデルも多くの場合でその増加を再現している。

それに対し、風向から見て福島第1原発からの輸送がないときにも、モデルでは極めて低濃度と推定されるが、観測ではある程度の濃度の放射性物質が検出されている。その濃度は、福島～郡山>柏～日立>横浜という順となっており、事故現場から拡散されたものだけではなく、観測地点周辺において土壌から再飛散された放射性物質が、バックグラウンド的に浮遊していることを示唆している。

冬季になり、乾燥と強風による放射能濃度の増大が懸念されていたが、福島第1原発周辺の高濃度の放射性物質が沈着した地域の多くでは、大気放射能濃度は低下し、降雪や土壌の凍結の影響であると考えられる。しかし1月以降、放射能濃度が若干増加する傾向も見られており、今なお予断を許さない状況が続いていることを示している。その原因についても考察していきたい。

キーワード: 大気放射能

Keywords: atmospheric radioactivity

## 領域大気輸送モデルを用いた地表および海洋への放射性物質沈着量分布の推定 Estimation of radionuclides' deposition over the land and ocean using a regional chemical transport model

滝川 雅之<sup>1\*</sup>, 渡邊 明<sup>2</sup>

TAKIGAWA, Masayuki<sup>1\*</sup>, WATANABE, Akira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 福島大学

<sup>1</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>2</sup>Fukushima University

To reveal the transport and deposition processes of radionuclides that have been emitted from the Fukushima Daiichi nuclear power plant after the nuclear accident caused by the Tohoku earthquake and tsunami, we have conducted numerical simulation of radionuclides (<sup>131</sup>I and <sup>137</sup>Cs) using a regional chemical transport model. Data assimilation using nudging for wind field and relative humidity was applied with the 10-minutes' interval ground-based observation, and the model-calculated meteorological fields with the ground-based observations in Fukushima prefecture showed that the model was capable to reproduce the change of wind direction following to the passage of low-pressure systems, and precipitation periods in March 2011. The transport and deposition process of two major discharges on March 15 was estimated using tag-tracer methods. The air mass from the first discharge released during 7-10 JST was transported southward, and 13% of <sup>137</sup>Cs was deposited mainly over Kanto area via dry deposition process. In the afternoon, wind direction was changed following to the approach of low-pressure system, and the air mass from the first discharge was transported northward and 13% of <sup>137</sup>Cs was deposited mainly over Naka-dori area in Fukushima prefecture via wet deposition process corresponding with the precipitation since 15-16 JST. The model showed that the deposition over Naka-dori area occurred within 3 hours after the beginning of precipitation, although the intensity of precipitation was less than 0.5 mm/hr during that period. The air mass from the second discharge occurred at 13-17 JST was transported northwestward, and 47% of <sup>137</sup>Cs in second discharge were estimated to be deposited over the land. The comparison of accumulated deposition of <sup>137</sup>Cs at Azuma-yama mountains supposed that the radionuclides from the Fukushima Daiichi nuclear power plant were trapped within the boundary layer, and the highest concentration existed at around 1000-1500 m above the ground level.

キーワード: 放射性物質, 化学輸送モデル, 大気化学, 物質輸送

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

## Impacts of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plants on the Ocean Impacts of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plants on the Ocean

Steven Jayne<sup>1\*</sup>, Ken Buesseler<sup>1</sup>, Nicholas Fisher<sup>2</sup>  
JAYNE, Steven<sup>1\*</sup>, Ken Buesseler<sup>1</sup>, Nicholas Fisher<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Woods Hole Oceanographic Institution, <sup>2</sup>SUNY Stony Brook

<sup>1</sup>Woods Hole Oceanographic Institution, <sup>2</sup>SUNY Stony Brook

The triple disaster of the March 11, 2011, earthquake, tsunami and subsequent radioactivity releases from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plants are unprecedented events for the oceans. In response, we organized a research cruise in June, 2011 off Japan to study Fukushima derived radionuclides in the waters and biota off Japan. This presentation will provide an overview of these successful sampling activities and our plans for analyses of a wide range of radionuclides. We focus on the cesium-137 and cesium-134 surface distributions and vertical profiles obtained during this cruise. The highest cesium concentrations at that time were not necessarily at the closest sampling point 30 km from the Fukushima NPPs, but 70-100 km off shore. Furthermore, as part of this effort, 24 surface drifters were deployed and subsequently tracked. The trajectories of these drifters indicate that much of the contaminated water was being pulled away from the coast on the northern side of Kuroshio Extension. However, some of the drifters stayed in the coastal region suggesting that some contaminated water may recirculate in this area before being washed off-shore. The absence of drifter crossings across the Kuroshio Extension core suggests that it inhibits the southward spreading of contaminated water, at least over the western Pacific ocean. Measurements of different radioactive contaminants seem to agree with our interpretation based on drifters. These results are discussed in context of prior cesium levels in the waters off Japan and in comparison to radionuclide results from other studies in 2011 off Japan.

キーワード: Fukushima, radionuclides, Kuroshio, ocean circulation

Keywords: Fukushima, radionuclides, Kuroshio, ocean circulation

## 福島原発事故一ヶ月後における西部北太平洋の海水と動物プランクトンのセシウム濃度

### Concentration of Cs of seawater and zooplankton in the western North Pacific one month after the Fukushima accident

本多 牧生<sup>1\*</sup>, 青野辰雄<sup>1</sup>, 青山道夫<sup>1</sup>, 浜島靖典<sup>1</sup>, 川上創<sup>1</sup>, 喜多村稔<sup>1</sup>, 升本順夫<sup>1</sup>, 滝川雅之<sup>1</sup>, 宮澤泰正<sup>1</sup>, 才野敏郎<sup>1</sup>  
HONDA, Makio<sup>1\*</sup>, AONO, Tatsuo<sup>1</sup>, AOYAMA, Michio<sup>1</sup>, HAMAJIMA, Yasunori<sup>1</sup>, KAWAKAMI, Hajime<sup>1</sup>, KITAMURA, Minoru<sup>1</sup>, MASUMOTO, Yukio<sup>1</sup>, TAKIGAWA, Masayuki<sup>1</sup>, MIYAZAWA, Yasumasa<sup>1</sup>, SAINO, Toshiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup> Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

In March 2011, an accident at the Fukushima Daiichi nuclear power plant (FNPP-AC) was caused by the Tohoku earthquake and tsunami. As a result, gigantic amount of artificial radionuclides were emitted to the atmosphere, land and ocean. To investigate the transport of radionuclides to the ocean and their dispersion, we conducted a cruise with the R/V Mirai in the western North Pacific about one month after the FNPP-AC and measured caesium (<sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs) in seawater and zooplankton. In addition, a numerical simulation of radionuclide dispersion in the ocean was conducted with a particle-tracking model using surface currents reproduced by the Japan Coastal Ocean Predictability Experiment 2 (JCOPE2) model. A modified one-way nested global/regional air quality forecasting system (AQF) was also applied to simulate the time/space variations in the <sup>137</sup>Cs aeolian deposition flux over the western North Pacific. <sup>137</sup>Cs concentration in surface seawater ranged from 0.004 to 0.284 Bq kg<sup>-1</sup> (average 0.048 Bq kg<sup>-1</sup>). Samples from stations off Fukushima and Miyagi had higher <sup>137</sup>Cs concentrations than those at other stations. <sup>137</sup>Cs concentrations north of 40N were relatively higher than those south of 35N. These ranged from a few times to two orders of magnitude higher than those measured before FNPP-AC. <sup>134</sup>Cs were detected while not detectable before FNPP-AC and <sup>134</sup>Cs/<sup>137</sup>Cs were estimated to be 1 within measurement error. Because the <sup>134</sup>Cs/<sup>137</sup>Cs ratio of drain water and air from the FNPP was reported to be nearly 1, radionuclides from the FNPP were likely transported to nearly all of the stations. At station K2, the <sup>137</sup>Cs concentration in zooplankton from the surface mixed layer was 1.72 Bq kg<sup>-1</sup> and that in zooplankton from the subsurface layer was 3.16 Bq kg<sup>-1</sup>. The corresponding values at S1 were 4.01 Bq kg<sup>-1</sup> in the surface mixed layer and 4.31 Bq kg<sup>-1</sup> in the subsurface layer. <sup>134</sup>Cs was also detected in all zooplankton, with <sup>134</sup>Cs/<sup>137</sup>Cs ratios of nearly 1 within measurement error. The <sup>137</sup>Cs concentration of zooplankton around Japan was less than 0.1 Bq kg<sup>-1</sup> during the last decade. Thus, the observed concentrations were one to two orders higher than before 11 March. Previously reported values of the concentration factor (CF), the ratio of the Cs concentration of zooplankton to that of ambient, range from 10 to 100, whereas we estimated the CF for zooplankton in this study to range from 200 to 840, an order of magnitude higher than previous observations. The above CF has been estimated under steady state. Thus these might not be applied to our case that Cs concentration of seawater and zooplankton were measured one month after FNPP-AC and both concentrations were still transient. Moreover a possible explanation to this enrichment is that particulate materials with high <sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs that originated in the FNPP were adsorbed onto the zooplankton, rather than taken up by them, and collected along with the zooplankton. JCOPE2 results showed that plumes of radioactively contaminated water extended north-eastward near the coast to 40N and eastward along the northern flank of the Kuroshio extension about one month after the FNPP-AC. The high <sup>137</sup>Cs concentration off Fukushima and Miyagi can be qualitatively explained by dispersion of the water discharged directly into the ocean from the FNPP. In contrast, the JCOPE2 result showed no detectable <sup>137</sup>Cs north-east of the FNPP beyond 40N, 150E, despite relatively large values observed there during the cruise, suggesting that radionuclides were transported to distant locations to the north-east by another mechanism. An AQF model indicated that <sup>137</sup>Cs emitted from the FNPP would have been deposited over a wide area of the western North Pacific. Therefore, the observed high <sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs concentration in seawater, SS and zooplankton might be attributable mainly to this aeolian input of particles with high <sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs concentration.

キーワード: 福島第一原発, セシウム, 西部北太平洋, 海水, 動物プランクトン, 数値シミュレーション

Keywords: Fukushima Daiichi NPP, Caesium, Western North Pacific, seawater, zooplankton, numerical simulation

## 放射性物質の海洋汚染を組織的にモデリングする Coordinated efforts of modeling radionuclide distribution in the ocean

池田 元美<sup>1\*</sup>  
IKEDA, Motoyoshi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学  
<sup>1</sup>Hokkaido University

福島第一原子力発電所が東日本大震災の津波によって制御不能におちいり、大気に放出された放射性物質はすばやく拡がった。4月上旬における海洋への直接放出は、沿岸域から黒潮続流に取り込まれた。日本海洋学会ではワーキング・グループをつくり、海洋科学専門家を組織化すると共に、関連分野にも共同作業をよびかけた。シミュレーションも体系的なモデル比較を行っている。特に注目するプロセスは、沿岸から黒潮への取り込み、海底堆積物への蓄積、北太平洋全域への拡散である。この情報を公開し、思慮深い市民が現実を理解できるよう適切な解説を付けることを心がけている。ワーキング・グループの責任はわが国に留まることなく、国際的な情報公開にまで及ぶと考えている。

キーワード: 放射性元素, 海洋汚染, モデリング, 海底堆積物  
Keywords: radionuclide, marine pollution, modeling, bottom sediments

## 福島県、阿武隈山地における放射性物質の空間分布の特性

### Characteristics of the distribution of radioactive materials in Abukuma Mountains, Fukushima Prefecture

近藤 昭彦<sup>1\*</sup>, 小林 達明<sup>2</sup>, 鈴木 弘行<sup>3</sup>, 唐 常源<sup>2</sup>

KONDOH, Akihiko<sup>1\*</sup>, KOBAYASHI, Tatsuaki<sup>2</sup>, SUZUKI, Hiroyuki<sup>3</sup>, TANG, Changyuan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学環境リモートセンシング研究センター, <sup>2</sup> 千葉大学園芸学研究科, <sup>3</sup> 千葉大学薬学研究院

<sup>1</sup>CEReS, Chiba University, <sup>2</sup>Graduate School of Horticulture, Chiba University, <sup>3</sup>Graduate School of Pharmaceutical Sciences

#### 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東電福島第一原発の一連の事故により大量の放射性物質が環境中に放出され、阿武隈山地をはじめとして広範囲で放射性物質が地表面に沈着した。その結果、人の暮らしが奪われ、この問題の解決のために“科学技術”は大きな課題を負ったといえる。

これまでに福島県を含む広域を対象として空間線量率、沈着量等の地図化が試みられている。しかし、地域はそれぞれが狭くても個性を持つ。今後数十年の単位で放射性物質の環境中における挙動を理解するためには場の特徴の理解に基づいた地域主体のモニタリングが必要である。

そこで、計画的避難区域に指定されている福島県川俣町山木屋地区および周辺地域において可能な限りの空間密度で空間線量率や放射能の分布を観測、測定した。その際、精度は優れているが測定に時間がかかる方法だけでなく、簡便な測定方法も試み、放射性物質の分布の空間的な不均質性の理解を試みた。

#### 2. 観測・測定手法

##### 1) 空間線量率の走行サーベイと歩行サーベイ

GEORADIS社製携帯型放射線量・成分測定装置ガンマー線スペクトロメータRT-30はGPSから位置情報を取得し、移動しながら連続的に空間線量率を計測できる。走行サーベイでは車内位置と車外の1m高の値の変換係数により地上1m高さの空間線量率を連続的に記録した。歩行サーベイではザック内のRT-30の位置を1m高に調整し、歩行しながら測定を行った。

##### 2) 表面汚染密度

富士電機製NHJ2を土壌面に当て、表面汚染密度(Bq/cm<sup>2</sup>)を計測した。ゲルマニウム半導体検出器による測定結果と比較したところ、簡易測定法として有効であることを確認した。

##### 3) 土壌放射能

通常はゲルマニウム半導体測定器による計測を行うが、多地点を迅速に測定することはできない。そこで、コルクボーラーと栄研チューブによる表層5cmの採土とオートウェルガンマカウンターによる測定結果を試みた。その結果、採土が短時間で可能なこと、多数のサンプルを連続的に測定できるため、簡易測定法として有効であることを確認した。

#### 3. 空間線量率、沈着量の分布の特徴

##### (1) 阿武隈山地スケールの空間線量率

2011年7月、8月に飯舘村、川俣町を含む広域の走行サーベイを行った。飯舘村では林道も走行し、詳細な分布を得た。その結果を添付の図に示す。空間線量率の空間分布は不均質性が高く、土地被覆が変わると不連続に空間線量率が変換することが明らかとなった。また、空間線量率の分布は原発事故時のブルーム(放射能雲)の移動の様式を記録しているように見える。

##### (2) 歩行サーベイによる小流域スケールの空間線量率分布

山林および田畑の歩行サーベイを行った。その結果、狭い領域でも空間線量率は不均質な分布を持つことが明らかとなった。土質の違いによる空間線量率の相違、尾根スケールでは原発側(南東側)の斜面が空間線量率が高くなる傾向が認められている。山地小流域内でも空間線量率は変動した。また、水田圃場では道路寄りでも低く、圃場内部で高い分布の例が得られている。

##### (3) 土地被覆別の表面汚染密度、沈着量の特徴

常緑針葉樹(杉ヒノキおよびアカマツ林)、落葉広葉樹、水田、畑においてリター層上下、および深度10cmまで土

壤の放射能の計測を行った。その結果、水田と畑の表層(0~5cm深)の放射能は水田で高いこと。杉林と雑木林(落葉広葉樹)では、落葉落枝の放射能は雑木林で高く、0~5cm深の土壌は杉林で高いといった結果が得られているが、結果の多様性を今後検証する予定である。

#### (4) 生活用水の放射能

山木屋地区では広域水道には依存しておらず、用水は住居を含む里山流域の地下水を引水して利用されている。多くの井戸は集水地形の谷部に数m深度の井戸を掘削し、玉石を充填して井戸枠で覆った構造であり、長い場合には数百mほどパイプで引水している。山木屋地区の13カ所の井戸から採水し、放射能を計測した。その結果はすべて放射性セシウムの検出なし( $<1\text{Bq}$ )であった。この結果は地下水流動の特徴から類推できるが、CFCsを使った年代測定を行っており、講演時には結果を示すことができると思われる。

#### 4. おわりに

様々な地形、植生域における空間線量率、放射能の測定を行い、分布の把握を行った。また、雑草等の植物に吸収された放射能、測線に沿った空間線量率や放射能の分布等のデータ収集を進めており、纏まったものから報告する予定である。

“科学知”は普遍的な真理を探究した結果得られる知識であるが、暮らしの復興のためには場の複雑性を認識し、“個別性”の理解が重要である。このような立場のScienceを推進することにより、人と自然の関係性の理解に基づく復興対策の確立が可能と考えている。

キーワード: 福島第一原発事故, 福島県川俣町山木屋地区, 空間線量率マッピング, 放射能マッピング, 不均質性

Keywords: accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Yamakiya district, Kawamata-machi, Fukushima Prefecture, dose rate mapping, radioactivity mapping, ununiformity



## Radioactive fallout: lesson from Chernobyl and what could be experienced for the Fukushima post-accidental situation

## Radioactive fallout: lesson from Chernobyl and what could be experienced for the Fukushima post-accidental situation

Olivier Masson<sup>1\*</sup>

MASSON, Olivier<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Nuclear Safety and Radioprotection Institute

<sup>1</sup>Nuclear Safety and Radioprotection Institute

Most of northern hemispheric countries have experienced radioactive fallout (from atmospheric nuclear weapon tests, Chernobyl or from Fukushima) but except in the case of the global fallout, various impacts were noticed both at short time scale and in the context of more or less long post-accidental situations. It is probably too early to determine precisely the evolution in the environment of the radionuclides that were released by the Fukushima accident. Thus it could be interesting to share our point of view both in the light of our respective experience of radioactive fallout and deposition and considering the respective environmental features of Europe (France) and Japan. What we have learnt from Chernobyl and what information is still needed and could be experienced from the Fukushima accident or applied to the Fukushima situation, is of great concern in the framework of atmospheric deposition.

Of course, distance from the source is a key (first order) parameter as well as initial conditions that yield to deposition mapping. After initial deposition, contaminated areas act as a delayed and secondary source that can explain the resilience of formerly deposited radionuclides in the atmosphere.

At European scale, Chernobyl provides a lasting step effect in the time series of airborne levels whereas Fukushima did not. This lasting step effect belonged to resuspension mechanisms that became rapidly predominant as the airborne levels drop down radically. Resuspension and biomass burnings provided most of the peaks of activity levels in France. Those mechanisms are encountered in France as well as in Japan but probably with different magnitude and possibly with different consequences regarding the evolution of the background level. A review of those mechanisms and their respective importance will be presented.

Spatially, we observed some deposition heterogeneity that corresponds first to different deposition patterns, especially in mountainous ecosystems. Snow and cloud deposition are among the main typical patterns that distinguish deposition conditions in highlands and lowlands. Occult deposition by cloud/fog water can explain higher levels at altitude locations compared to what could be expected from a rain deposition relationship. In addition, this study could benefit to lowlands and coastal areas where fogs occur, either seasonally or on a regular basis.

Results obtained in samples taken at the summit of a low-altitude mountain will be commented.

キーワード: airborne radioactivity, <sup>137</sup>Cs, deposition, resuspension, chernobyl, fukushima

Keywords: airborne radioactivity, <sup>137</sup>Cs, deposition, resuspension, chernobyl, fukushima

## 森林環境における福島第一原発事故による放射性物質の時空間分布特性 Spatio-temporal variability of the deposited radioactive materials in forest environments after the Fukushima Daiichi NP

加藤 弘亮<sup>1\*</sup>, 恩田裕一<sup>1</sup>, 小松義隆<sup>1</sup>, 依田優紀<sup>1</sup>

KATO, Hiroaki<sup>1\*</sup>, Yuichi ONDA<sup>1</sup>, Yoshitaka KOMATSU<sup>1</sup>, Hiroki YODA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学生命環境系

<sup>1</sup> Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

Soil, vegetation and other ecological compartments are expected to be highly contaminated by the deposited radionuclides after the Fukushima Daiichi nuclear power plant (NPP) accident triggered by a magnitude 9.1 earthquake and the resulting tsunami on March 11, 2011. Study site have been established in Yamakiya district, Kawamata Town, Fukushima prefecture, located about 35 km from Fukushima power plant, and designated as the evacuated zone. The total deposition of radioactive materials at the study site ranged from 0.02 to >10 M Bq/m<sup>2</sup> for Cs-137. The mature cedar, young cedar, and broad-leaf stands were selected as experimental site for the monitoring of spatio-temporal variability of the deposited radionuclides after the accidental release of radioactive materials. In order to measure the vertical distribution of radioactivity in forest, a tower with the same height of tree have been established at each experimental site. The measurement of radioactivity by using a portable Ge gamma-ray detector (Detective-DX-100, Ortec) and radionuclide analysis of leaf samples at different height revealed that a large proportion of radionuclides which deposited on forest were trapped by canopies of the cedar forests. In contrast, in the broad-leaf forest highest radioactivity was found at the forest floor. Furthermore, spatio-temporal variability of radioactivity at the forest floor indicated that huge amount of caesium still remains on the canopy of coniferous forest, and subsequently transfers to forest floor in association with throughfall, stemflow, and litter fall.

キーワード: 福島原発事故, 放射性核種, 森林, 時空間分布

Keywords: Fukushima NPP accident, Radionuclides, Forest, Spatio-temporal variability

## 福島第一原発事故により放出された放射性セシウムの環境中での不均質分布 Heterogeneous distribution of radiocesium in the environment emitted from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant

田中 万也<sup>1\*</sup>, 坂口 綾<sup>2</sup>, 金井 豊<sup>3</sup>, 鶴田 治雄<sup>4</sup>, 篠原 厚<sup>5</sup>, 高橋 嘉夫<sup>2</sup>

TANAKA, Kazuya<sup>1\*</sup>, SAKAGUCHI, Aya<sup>2</sup>, KANAI, Yutaka<sup>3</sup>, TSURUTA, Haruo<sup>4</sup>, Atsushi Shinohara<sup>5</sup>, TAKAHASHI, Yoshio<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 広島大学サステナセンター, <sup>2</sup> 広島大学大学院理学研究科, <sup>3</sup> 産業技術総合研究所地質調査総合センター, <sup>4</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>5</sup> 大阪大学大学院理学研究科

<sup>1</sup>ISSD, Hiroshima Univ., <sup>2</sup>Graduate School of Science, Hiroshima Univ., <sup>3</sup>Geological Survey of Japan, AIST, <sup>4</sup>AORI, The Univ. of Tokyo, <sup>5</sup>Graduate School of Science, Osaka Univ.

We analyzed <sup>137</sup>Cs in aerosols, rocks, soils and river suspended sediments collected after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident. Based on the results of analysis, we discussed the behavior and transportation of radiocesium in natural environments after the accident. First, radionuclides were emitted from FDNPP as hot particles transported by the air, which contained water-soluble fractions of radiocesium. Radiocesium still existed in water-soluble fractions just after deposition on the ground. Subsequently, interaction of hot particles with water (e.g. rainfall) dissolved and strongly fixed radiocesium on rocks and soil particles, which changed radiocesium into insoluble form. The distribution of hot spots was possibly controlled by the initial position of deposition on the ground. Consequently, hot spots were studded on the surface of rocks rather than uniformly distributed. Cesium-137 concentrations of < 2 μm fraction of rocks, soils and river suspended sediments were higher than those of the corresponding bulk samples. The distribution of radiocesium in river suspended particles was not homogeneous during transportation by way of rivers, reflecting the heterogeneity of radiocesium in rocks and soils. Leaching experiments demonstrated that radiocesium in rocks, soils and river suspended sediments were fairly insoluble, showing that the adsorption reaction is irreversible. The heterogeneous distribution of radiocesium in aerosols, soils and suspended particles is originated from the presence of hot particles in aerosols. Dissolution of radiocesium in the hot particles in the aerosols and subsequent irreversible adsorption on the soil particle complex are responsible for the preservation of the heterogeneity in soils and also in river suspended particles. The present results showed that their radioactivities are retained by only a part of the constituent in soils and suspended particles originally transported as hot particles in the aerosols.

Keywords: Radiocesium, heterogeneity, soil, Fukushima, FDNPP accident

## 異なる地表面被覆下の土壌水における放射性セシウム濃度分布 The Cs-134 and Cs-137 concentrations in soil water covered by different vegetations

辻村 真貴<sup>1\*</sup>, イシュワル・ブン<sup>1</sup>, 恩田 裕一<sup>1</sup>, 羽田 真奈美<sup>1</sup>, 五十嵐 康人<sup>2</sup>  
TSUJIMURA, Maki<sup>1\*</sup>, Ishwar Pun<sup>1</sup>, ONDA, Yuichi<sup>1</sup>, HADA, manami<sup>1</sup>, IGARASHI, Yasuhito<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学, <sup>2</sup> 気象研究所

<sup>1</sup>University of Tsukuba, <sup>2</sup>Meteorological Research Institute

草地、牧草地、および森林地を対象とし、深度 10 ~ 50 cm までの土壌水を、サクシオンライシメータにより採水し、濾過後、ゲルマニウム検出器により Cs-134 および Cs-137 濃度分析に供した。試料採取は、2011 年 6 月から 8 月にかけて、福島県伊達郡川俣町山木屋地区において、1 週間から 10 日間隔で実施した。その結果、草地および放牧地の土壌水においては、0.1 ~ 2.5 Bg/kg の Cs-134、Cs-137 濃度が検出され、とくにもっとも浅い 10cm の Cs 濃度が高いという特徴がみられたのに対し、森林地においては深度 50cm において 1.6 Bg/kg と比較的高い濃度が検出された。

キーワード: セシウム, 土壌水, 森林, 草地

Keywords: cesium, soil water, forest, grassland

## 水田からの代かき排水における放射性セシウムの連続モニタリング Continuous monitoring of radiocesium in drainage water from a paddy field during puddling

吉本 周平<sup>1\*</sup>, 今泉 眞之<sup>1</sup>, 石田 聡<sup>1</sup>, 塩野 隆弘<sup>1</sup>, 奥島 修二<sup>1</sup>, 中 達雄<sup>1</sup>

YOSHIMOTO, Shuhei<sup>1\*</sup>, IMAIZUMI, Masayuki<sup>1</sup>, ISHIDA Satoshi<sup>1</sup>, SHIONO Takahiro<sup>1</sup>, OKUSHIMA Shuji<sup>1</sup>, NAKA Tatsuo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所

<sup>1</sup>Institute for Rural Engineering, National Agriculture and Food Research Organization

Decontamination of agricultural lands contaminated with radiocesium after the accident of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant of Tokyo Electric Power Company is urgently requested. Ministry of Agricultural, Forestry and Fisheries (MAFF) has currently been undertaking development of decontamination measures for soils in agricultural lands. In cooperation with MAFF, Institute for Rural Engineering (NIRE) has conducted experiments for decontamination in paddy fields of Iitate Village, Fukushima Prefecture, which is included in the planned excavation zone with 20-50 mSv per year due to fallout from the accident. One of the NIRE experiments was a decontamination method "mixing soils and removal using water", in which muddy water was drained from paddy fields where surface soil and radiocesium was mixed with water. The muddy water was extracted by pump for disposal.

In this experiment, a monitoring equipment made up of a NaI(Tl) detector was developed and applied to an experimental decontamination in paddy fields for continuous monitoring of concentration of radiocesium in muddy water. The detector of monitoring equipment was a 5-inch diameter NaI(Tl) crystal with a photomultiplier tube, that was put into a large plastic bucket. A hole was made 30.5 cm above the bottom of the bucket for regulating the discharge flow from the bucket. Its resolution was about 7%. Signals from the detector were amplified by a gain controller and then sent to a 1,024-channel pulse height analyzer. The energy range was set to 0-2,048 keV so that the targeted nuclides (Cs-134: 605 and 795 keV; Cs-137: 662 keV; K-40: 1,460 keV; Bi-214: 1,765 keV) could be observed. The ratio of emissions of gamma ray from nuclides to detected peak counts, called the detection factor here, was determined by measuring 3.0M KCl aqueous solution (3,700 Bq L<sup>-1</sup>) in the bucket. At depth of 30.5 cm in the bucket, the detected peak count for K-40 was 123 cps, and therefore the detection factor was calculated as 3.2 L<sup>-1</sup>.

The experiment of muddy water removal was executed in two paddy fields, named as Field C1 and C2. The area of each of them was 420 m<sup>2</sup>. In both C1 and C2, the soil was ploughed together with 42 m<sup>3</sup> of supplied water, and then the muddy water was discharged by four suction pumps. In Field C2, additionally, the soil was tilled before the water injection, and the soil and water were manually stirred by dragging PVC pipes during the latter part of the pumping. The drained volume of muddy water was 12 m<sup>3</sup> from Field C1, and 17.6 m<sup>3</sup> from Field C2. The monitoring equipment was installed at an outlet of one of the pumps. The measurement time was set to ten seconds, and obtained spectra were logged every ten seconds. Radioactivity of Cs-134 and Cs-137 was calculated from the peak counts around 795 keV and 605-662 keV, with multiplying the detection factor 3.2 L<sup>-1</sup>. On the other hand, 300 mL of the emitted muddy water was sampled every five minutes, and then taken back to the laboratory for measurement of radiocesium concentrations (5-inch NaI(Tl) scintillation counter, 600-second measurement). Results of the continuous monitoring and the laboratory measurement are shown in Fig. 1. The former part of the continuous measurement in Field C1 was unavailable because of malfunction of power supply. The fluctuation of radioactivity obtained by the continuous monitoring was well consistent with that by the laboratory measurement, and revealed that radiocesium concentration in the muddy water reached more than 20,000 Bq L<sup>-1</sup> during the manual stirring although usual radioactivity in the pumped water ranged 5,000-10,000 Bq L<sup>-1</sup>.

Keywords: NaI(Tl) scintillation counter, gamma ray spectrometry, decontamination evaluation, Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant

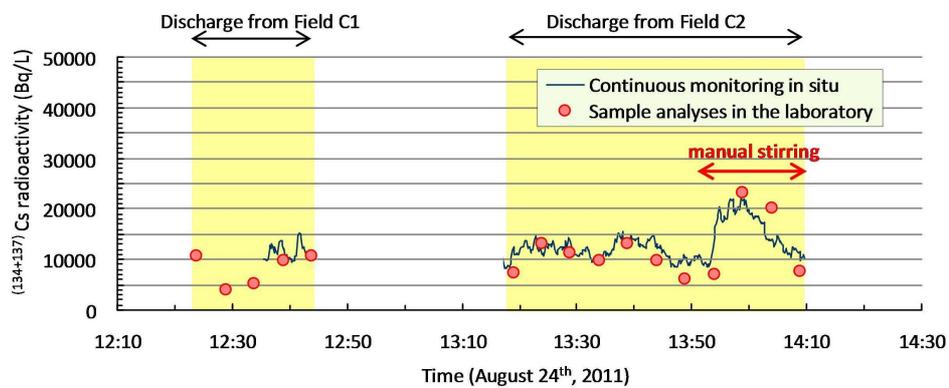


Fig.1 Results of the continuous monitoring of radiocesium in the emitted muddy water by the continuous monitoring equipment and those in the samples measured in the laboratory.

## 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<sup>1\*</sup>, Shinichiro Kida<sup>1</sup>, Keiko Takahashi<sup>1</sup>  
CHOI, YOUNGJIN<sup>1\*</sup>, KIDA, Shinichiro<sup>1</sup>, TAKAHASHI, Keiko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

<sup>1</sup>Japan 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 <sup>137</sup>Cs 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<sup>1\*</sup>, 本多 牧生<sup>1</sup>, 渡邊 修一<sup>1</sup>, 才野 敏郎<sup>1</sup>

KAWAKAMI, Hajime<sup>1\*</sup>, HONDA, Makio<sup>1</sup>, WATANABE, Shuichi<sup>1</sup>, SAINO, Toshiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup> 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<sup>1\*</sup>, 里村 雄彦<sup>1</sup>

OHTA, Naoki<sup>1\*</sup>, SATOMURA, Takehiko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院理学研究科

<sup>1</sup> 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<sup>1\*</sup>, 恩田 裕一<sup>1</sup>, 渡邊 明<sup>2</sup>

YATAGAI, Akiyo<sup>1\*</sup>, ONDA, Yuichi<sup>1</sup>, WATANABE, Akira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学生命環境系, <sup>2</sup> 福島大学理工学群共生システム理工学研究科

<sup>1</sup> Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, <sup>2</sup> 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、中通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

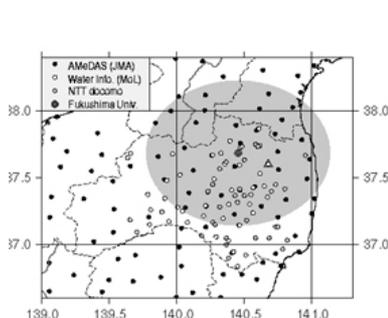


図1 気象庁 AMeDAS, 国土交通省テレメータ雨量計, NTT docomo 環境センサーネットワーク, 福島大学の雨量計地点(凡例参照)とレーダ観測範囲(灰色)。△は山木屋雨量計地点。

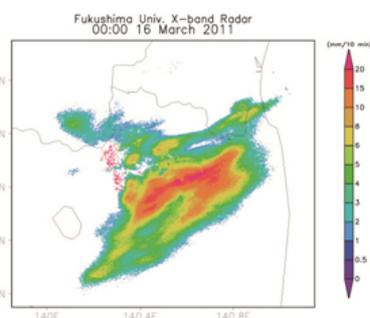


図2 福島大学 Xバンドレーダ降水強度。レーダ設置箇所は図1の◎(Fukushima Univ.)。安達太良山等のグランドクラッタの除去や山影の処理は適用していない。

## 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<sup>1\*</sup>, 服部 克巳<sup>1</sup>, 市川 卓<sup>1</sup>, 古屋 隆一<sup>2</sup>

OYAMA, Kaori<sup>1\*</sup>, HATTORI, Katsumi<sup>1</sup>, ICHIKAWA, Takashi<sup>1</sup>, FURUYA, Ryuichi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> コムシステム株式会社

<sup>1</sup> Chiba Univ., <sup>2</sup> COM 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<sup>1\*</sup>, 佐藤 かおり<sup>1</sup>, 北 和之<sup>1</sup>, 恩田 裕一<sup>2</sup>, 末木 啓介<sup>2</sup>, 篠原 厚<sup>3</sup>, 横山 明彦<sup>4</sup>, 鶴田 治雄<sup>5</sup>, 長林 久夫<sup>5</sup>, 渡邊 明<sup>6</sup>, 中澤 高<sup>8</sup>, 吉田 尚弘<sup>9</sup>, 連携緊急放射性物質サンプリングチーム<sup>10</sup>  
TANAKA, Misako<sup>1\*</sup>, SATO, kaori<sup>1</sup>, KITA, Kazuyuki<sup>1</sup>, ONDA, Yuichi<sup>2</sup>, Keisuke Sueki<sup>2</sup>, Atsushi Shinohara<sup>3</sup>, Akihiko Yokoyama<sup>4</sup>, TSURUTA, Haruo<sup>5</sup>, Hisao Nagabayashi<sup>5</sup>, WATANABE, Akira<sup>6</sup>, NAKAZAWA, Takakiyo<sup>8</sup>, YOSHIDA, Naohiro<sup>9</sup>, Monitoring team of Radioactives<sup>10</sup>

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

<sup>1</sup>Faculty of Science, Ibaraki University, <sup>2</sup>Tsukuba University, <sup>3</sup>Osaka University, <sup>4</sup>Kanazawa University, <sup>5</sup>AORI, University of Tokyo, <sup>6</sup>Fukushima University, <sup>7</sup>Nihon University, <sup>8</sup>Tohoku University, <sup>9</sup>Tokyo Institute of Technology, <sup>10</sup>JPGU-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<sup>1\*</sup>, 佐藤 真登<sup>1</sup>, 羽田野 祐子<sup>1</sup>  
FUKUCHI, Shun<sup>1\*</sup>, Masato Sato<sup>1</sup>, HATANO, Yuko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学大学院システム情報工学研究科

<sup>1</sup> 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.

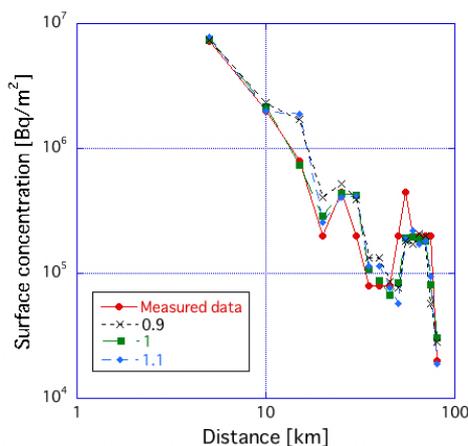
The ground surface concentration of Cs-134 and Cs-137 has been attenuated in a proportion to the power of the distance from the release point in Fukushima. In addition, concentration in the atmosphere has been attenuated following the same law in Chernobyl data. The exponent of distance from release 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<sup>1\*</sup>, 司馬 薫<sup>1</sup>, 谷畑勇夫<sup>2</sup>, 藤原 守<sup>2</sup>, 下浦 享<sup>3</sup>, 篠原 厚<sup>2</sup>, 恩田裕一<sup>4</sup>, 大塚孝治<sup>3</sup>, 滝川雅之<sup>5</sup>, 中島映至<sup>1</sup>  
TSURUTA, Haruo<sup>1\*</sup>, SHIBA Kaoru<sup>1</sup>, TANIHATA isao<sup>2</sup>, FUJIWARA mamoru<sup>2</sup>, SHIMOURA susumu<sup>3</sup>, SHINOHARA atsushi<sup>2</sup>,  
ONDA yuichi<sup>4</sup>, OTSUKA takaharu<sup>3</sup>, TAKIGAWA masayuki<sup>5</sup>, NAKAJIMA teruyuki<sup>1</sup>

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

<sup>1</sup>AORI, University of Tokyo, <sup>2</sup>Osaka University, <sup>3</sup>CNS, University of Tokyo, <sup>4</sup>Tsukuba University, <sup>5</sup>Japan 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<sup>1\*</sup>

POURCELOT, Laurent<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Institut de Radioprotection et de Surete Nucleaire

<sup>1</sup>Institut 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<sup>-2</sup>) 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 <sup>137</sup>Cs 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 <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr 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, <sup>137</sup>Cs

Keywords: Radioactive releases, mountainous area, Fukushima Dai-ichi, <sup>137</sup>Cs

## 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<sup>1\*</sup>

KOYAMA, Masato<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 静岡大学防災総合センター

<sup>1</sup> 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  $\mu$  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0.02-0.06  $\mu$  Sv/h)、西で高い(0.06  $\mu$  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0.06-0.13  $\mu$  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0.02-0.04  $\mu$  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、0.03-0.06  $\mu$  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0.06-0.08  $\mu$  Sv/hで同等である。しかし、本来の値は前者が0.02-0.04  $\mu$  Sv/h、後者が0.04-0.06  $\mu$  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<sup>1\*</sup>, 大河内 博<sup>2</sup>, 保田 浩志<sup>3</sup>, 鳥居 建男<sup>4</sup>

KAMOGAWA, Masashi<sup>1\*</sup>, OKOCHI, Hiroshi<sup>2</sup>, YASUDA, Hiroshi<sup>3</sup>, TORII, Tatsuo<sup>4</sup>

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

<sup>1</sup>Dpt. of Phys., Tokyo Gakugei Univ., <sup>2</sup>School of Science and Engineering, Waseda University, <sup>3</sup>National Institute of Radiological Sciences, <sup>4</sup>Fugen 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、後に複数地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<sup>1\*</sup>

NAKAMURA, Ko-ichi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup>National 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

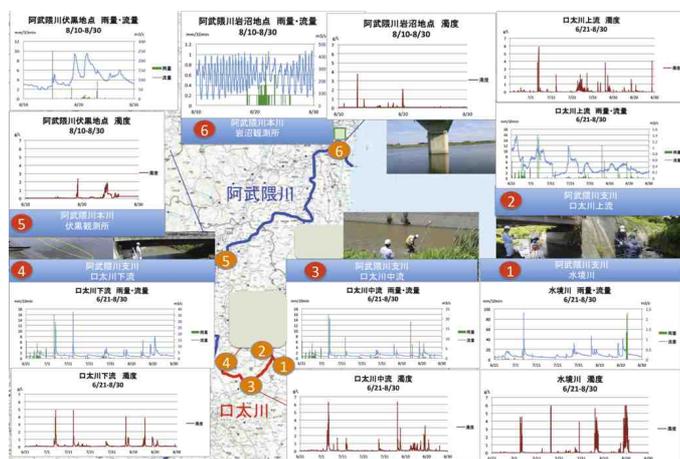
## 阿武隈川流域における放射性核種輸送量推定 Estimation of Radioactive Contaminant Load from Abukuma River

山敷 庸亮<sup>1\*</sup>, 若原 妙子<sup>4</sup>, 恩田 裕一<sup>2</sup>, 五十嵐 康人<sup>3</sup>, 高橋 嘉夫<sup>5</sup>, 田中 万也<sup>5</sup>, 立川 康人<sup>6</sup>, 椎葉 充晴<sup>6</sup>  
YAMASHIKI, Yosuke<sup>1\*</sup>, Taeko Wakahara<sup>4</sup>, ONDA, Yuichi<sup>2</sup>, IGARASHI, Yasuhiro<sup>3</sup>, TAKAHASHI, Yoshio<sup>5</sup>, TANAKA, Kazuya<sup>5</sup>,  
TACHIKAWA, Yasuto<sup>6</sup>, SHIIBA, Michiharu<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 京都大学防災研究所, <sup>2</sup> 筑波大学, <sup>3</sup> 気象研究所, <sup>4</sup> 東京農工大学, <sup>5</sup> 広島大学, <sup>6</sup> 京都大学大学院工学研究科  
<sup>1</sup>DPRI Kyoto University, <sup>2</sup>University of Tsukuba, <sup>3</sup>MRI-JMA, <sup>4</sup>Tokyo Univ. of Agr. & Tech., <sup>5</sup>Hiroshima University, <sup>6</sup>GSE 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<sup>1\*</sup>, 辻村 真貴<sup>1</sup>, 恩田 裕一<sup>1</sup>, プン イスワル<sup>1</sup>, 五十嵐 康人<sup>2</sup>  
HADA, Manami<sup>1\*</sup>, TSUJIMURA, Maki<sup>1</sup>, Yuichi Onda<sup>1</sup>, Ishwar Pun<sup>1</sup>, Yasuhito Igarashi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科, <sup>2</sup> 気象庁気象研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, <sup>2</sup>Meteorological 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<sup>1\*</sup>, 恩田 裕一<sup>1</sup>, 加藤 弘亮<sup>1</sup>, 若原 妙子<sup>2</sup>, 久留 景吾<sup>1</sup>

KAWAMORI, Ayumi<sup>1\*</sup>, ONDA, Yuichi<sup>1</sup>, KATO, Hiroaki<sup>1</sup>, Taeko Wakahara<sup>2</sup>, Keigo Hisadome<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科, <sup>2</sup> 東京農工大学

<sup>1</sup>Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, <sup>2</sup>Tokyo 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 $^{137}\text{Cs}$ caused by soil erosion on a typical agricultural Rapid reduction of $^{137}\text{Cs}$ caused by soil erosion on a typical agricultural

Thomas Parkner<sup>1\*</sup>, Yuichi Onda<sup>1</sup>  
PARKNER, Thomas<sup>1\*</sup>, ONDA, Yuichi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

<sup>1</sup>Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

The large amount of  $1.5 \times 10^{17}\text{Bq}$  of  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  within the field by the soil erosion types interrill erosion, rill erosion and gully erosion, and c.) calculate  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$ , 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.  $^{137}\text{Cs}$  inventories ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ ) 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  $^{137}\text{Cs}$  within the field by interrill erosion attributed. Rills and gullies were mapped. The  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  export was 43% for a period of five months results. These findings help practitioners to evaluate the spatially distributed  $^{137}\text{Cs}$  contamination on field scale and to assist in decision making for usage restrictions.

キーワード:  $^{137}\text{Cs}$ , soil erosion

Keywords:  $^{137}\text{Cs}$ , soil erosion