

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 7 日現在

機関番号：14401

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2012～2016

課題番号：24110009

研究課題名（和文）様々な化学形態における放射性物質測定および技術開発

研究課題名（英文）Development of technology and radiation measurement in various chemical forms

研究代表者

篠原 厚（Shinohara, Atsushi）

大阪大学・理学研究科・教授

研究者番号：60183050

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 77,800,000円

研究成果の概要（和文）：2011年3月に起きた東京電力福島第一原子力発電所の事故により、大量の放射性物質が環境中に放出された。事故後すぐに様々な放射能測定が実施されたが、どのような化学形態で放射性物質が放出されたのか、放出形態に繋がる炉内環境の情報を引き出すことのできる、Sr-90やPu同位体などの微量放射能の報告はほとんど無かった。本研究では、SrやPuの迅速分離法の開発と、それをを用いた環境中のこれらの元素の定量を実施した。それを通して、炉内から放出された放射性核種の大気浮遊塵への吸着特性を明らかにした。また、炉内から放出された不溶性の放射性粒子の生成過程について調べ、事故時の炉内状況に制約を加えることができた。

研究成果の概要（英文）：Large amounts of radioactive nuclides were released into the environment by the accident of FDNPP. Many researchers reported radioactivities in the environment and distribution of radioactive nuclides was investigated. However, trace nuclides such as Sr-90 and Pu isotopes have been very limited. Detail reactor circumstance (such as fuel temperature) and chemical forms of released nuclides can be investigated from these elements. In this work, we successfully developed a new rapid analysis methods for these nuclides and investigated distribution and time change of these nuclides for aerosol, seawater and soil samples. We also investigated absorption process of these nuclides for aerosols using aerosol generation system connected fission product generation chamber. From these studies, we discussed the detail reactor circumstance in the initial stage of the accident.

研究分野：放射化学

キーワード：環境放射能 環境放射能動態 放射線計測 地球化学 大気化学 化学分離 放射化学 放出模擬実験

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日の東北地方を襲った巨大津波による福島第一原子力発電所の核燃料物質の溶融、水素爆発事故により原子炉内の多種多量の核分裂生成物や核燃料物質が環境中に放出された。原子力事故においてもっとも注目される放射性セシウム (^{134}Cs , ^{137}Cs) もまた、大量に放出されたことが知られており、原子力安全委員会が発表した放出放射能総量の推定的試算値は ^{137}Cs が $1.2 \times 10^{16} \text{Bq}$ で、実に 11 kg 余りである。

これらの放射性セシウムの中には、かなりの量の粒子状のものが存在していると考えられる。研究開始時にも、フィルター上に採取した大気試料 (大気浮遊塵) や土壌試料では、酸などに溶出しにくい成分が知られていた。このような粒子状の放射性セシウムがどの程度存在しているのかについては全く不明であった。また、放射性セシウム以外の放射性核種については粒子状か否かについては検討もされていない。汚染された地域では、汚染土壌を生活圏から隔離することが行われているが、隔離されたもの及び隔離し切れないものの環境動態を予測するために、放射性セシウム以外のものについても「A4-7 化学形態班」と連携し、化学的状態の情報に加え物理的存在状態 (粒子状か否か、粒子状である場合の放射性核種を保持している粒子の正体) 調べることで存在状態を明らかにし、それぞれに適した分析法を確立し、系統的測定を行う必要がある。

2. 研究の目的

東京電力福島第一原子力発電所の事故に起因する、環境中の放射性核種の分析には多くの課題がある。たとえば、 ^{90}Sr や ^{238}Pu 、 $^{239-240}\text{Pu}$ の定量法は、時間がかかり熟練を要する多段階の化学処理であるため、新しい手法を取り入れた簡便で再現性の高いスキームを開発する必要がある。また、広域の放射性核種の動態解析や事故過程の分析では、 ^{137}Cs 等の継続的な測定に加え、先に述べた Sr や Pu 同位体など、極微量な放射性核種の測定が必要不可欠である。さらには放出された放射性核種がどのような化学形態で原子炉から放出されたのかを調べることは、初期の環境動態を調べる上で重要である。

そこで、放射性核種による汚染状況の将来予測を行うために、それぞれの核種が環境中の移行過程においてどのような存在形態をとっているかを調べ、放射性核種の化学形態と核特性に適した試料前処理と測定法を開発し分析を行う。また、燃料体からの放射性核種の放出模擬実験を通して、実際の事故での放出された化学形態の特定を行う。さらにはこれらと平行して、放射線計測の専門家からなる分析支援チームを編成し、必要に応じ、他の研究班や公募研究と連携しつつその測定支援を行う。

3. 研究の方法

本研究では下記に示す 4 つの研究課題および、分析支援を担当する。下記にそれぞれの研究テーマについて詳細を示す。

1) 放射能分析手法の開発と標準化

環境試料中の放射能の正確な定量を行うため、標準試料を購入した RI を用いて作成する。特に、エアダストを捕集したフィルター、水試料、土壌および植物の試料について最適な条件の標準線源を作成し、各研究機関内で測定を行い共有する。また新たに簡便な線源調整法を開発を行う。

2) 化学前処理と測定法の開発

ガンマ線測定では定量できない放射性核種を対象として、その定量法の検討を行う。具体的な対象としては、液体シンチレーションカウンターを用いた ^{90}Sr 分析と、 α 線スペクトロメトリーを用いた Pu 同位体定量法を再検討し、新規迅速化学処理法を開発する。特に ^{137}Cs を除去する前処理法や簡便な ^{90}Sr の分離法について検討、新しい化学操作法を確立してマニュアル化する。そして開発した方法を用いて環境試料の分析を行う。

3) 浮遊放射性核種の形態分析システムの開発

大気中の放射性核種の化学形態解明のために、連続的な大気浮遊塵の粒径別捕集システムとガス状の化学種を連続的に捕集する装置を開発する。具体的には、ワイヤスクリーンと Wet Effluent Diffusion Denuder を用いたシステムを開発し、その捕集条件の検討 (細管の径、長さ、流速等) を検討し、それを用いた大気浮遊塵分析を実施する。

4) 環境中の存在状態分析と模擬実験を通じた放出形態の解明

原子炉から直接放出され、その後環境の変性を受けていない、主に大気浮遊塵を中心とした試料について、微量放射性元素を含む分析を実施して、事故状況の解明を行う。様々な元素を分析することで、その沸点の違いから事故時の炉内温度など、事故に関する知見を得ることができる。

これらの知見を基にして、燃料模擬体への加熱実験や大気浮遊塵への放射性核種の吸着実験を実施する。これを通して原子炉から放出された物質の放出形態の解明を行う。

5) 分析支援チーム

現在進めている環境モニター試料の系統的・継続的な測定を行いつつ、各研究機関の所有している測定器の状況、準備状況等を詳細に把握し、研究班や公募研究における測定の補助を行う。

4. 研究成果

1) 放射能分析手法の開発と標準化

大気資料の継続的系統的な分析は、事故発生当初 (本プロジェクト発足前) から行っており、現地の大学や研究機関と試料採取と放射能分析を分担連携し、当初は多くの点で観測されたが、2011年6月には 11 カ所の定点

観測を維持することとなり、多くの大学で放射能測定を分担した。その後、本プロジェクトとして継続する時期には、福島原発の周囲4カ所に絞り、現在まで継続的に測定を行った。線測定は阪大が福島市、丸森町、日立、金沢大学は郡山の観測点を担当している大気放射能は事故後急速に低下しているが、現在もバックグラウンドよりは高く、季節変化が見られる。また、短期的に一桁以上上昇するときがあるのが分かる。後者は原発現場での作業と相関があることが分かっている。このような観測は、レベルが低くなってはいるが、再浮遊の観点や今後の廃止作業のモニターとしても重要であり、継続する予定である。

また、これらとは別に、垂直方向の核種飛散状況の測定として、富士山に堆積した事故起源の放射性核種の測定がある。 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比から、400km離れた富士山では高度2000m以上では事故起源のセシウムは見られなかったことが分かった。このデータは放射性プルームのシミュレーションに高さ方向のデータを与えるものであり、貴重な結果である。

測定方法の標準化として、新たに3Dプリンターを用いた標準線源作成法を確立した。天然放射性核種である ^{40}K 等を3Dプリンターの薬剤に均等に溶かし込み、これを硬化することで整形した。これによりあらゆる形状の標準線源の調整が可能となった。

2) 化学前処理と測定法の開発

難測定核種の中で重要な ^{90}Sr について、迅速分析法を確立し、それによる環境資料測定を実施した。その他Pu、Amについても迅速分析法を開発した。大阪大学のチームでは、大気資料のフィルター中の ^{90}Sr の微量分析を行うために、ストロンチウムRadディスクを使った迅速分離法とチェレンコフ光による測定法を開発した。また、金沢大学のチームは、海洋中の ^{90}Sr の迅速分析法として、Sr濃縮分離の迅速化とY濃縮分離の迅速化を実現した。また、TEVAディスクを利用したAm(Pu)の分析法の迅速化にも成功した。

放射能分析法は、各種放射性核種について文科省の責任の下、公定法が制定されている。ただ、その方法は、ほとんどが時間のかかる化学分離法を含み、測定手段も(制定時期を考えると当然ではあるが)少々古いものである。一方で、緊急時に迅速にそのとき必要とする精度で分析する手法の必要性が、今回の事故を通して再認識された。そこで、研究成果の社会への還元の一つとして、緊急時の放射能分析マニュアルの策定を行うこととした。本来は多くの核種のマニュアルを整備すべきであるが、現時点では、これまでに確立した方法として、放射性ストロンチウム分析法を成果の一つとしてまとめた。今後改訂、及び対象核種の拡大を図って行く予定である。

土壌中の垂直方向の放射性核種の移動について、過去5年間同一場所で採取した土壌

を分析し、その経年変化から当該土壌における移動度を導出した。今回は山木屋地区の土壌につて $^{137,134}\text{Cs}$ と ^{90}Sr について分析した。これらのデータは、今後数十年のこれらの核種の環境動態を考える上で基礎データとなるものである。

3) 浮遊放射性核種の形態分析システムの開発

空気浮遊放射性核種を、核種別、化学形別、粒径別に連続的に分別捕集して分析に供することができる分析システムの開発を実施した。事故時の高温下、高線量下における生成エアロゾルは一般に非常に小さいと考えられるが、インパクトで粒径分画できない小さいエアロゾル粒子についてはあまり有効な分画手法はない。このような観点から10nmから100nm未満のエアロゾル粒子の粒径分布をより簡便に測定できる手法を開発した。また陽子加速器を用いたエアロゾル生成場の構築などエアロゾル機器較正のための関連技術の開発を行った。

Graded Screen Array (GSA)(K.Fukutsu et al., Rev. Sci. Instrum 75, 783-787 (2004))の改良を考え、捕集条件の検討および装置の試作、製作した測定装置の性能の検証を行った。スクリーンを用いる粒径測定は微粒子のスクリーン透過率が粒径とスクリーン粗さの関数になることを利用したものである。またWet Effluent Diffusion Denuder (M.Taira et al., Anal. Chem. 65, 3171-3173 (1993))を利用したガス状化学種の連続的捕集の検討も行い、ガス状物質の捕集に成功した。製作した改良GSAは、GSAとDF(スクリーン型拡散バッテリー)の利点を併せ持つもので、試料空気の導入方向から100, 200, 300 meshのステンレス鋼スクリーン(各1枚)、複数枚の500 meshスクリーンおよびバックアップフィルターを組み合わせたものである。粒径測定の検証は、空気の陽子線照射を行うエアロゾル生成チェンバーを京大原子炉実験所の150 MeV陽子FFAG加速器内に建設して行った。チェンバー内で生成する粒子の粒径分布は、ビーム電流とチェンバーからのエアロゾルサンプリング速度の関数となり、約10~60nmの間で制御できた。この粒径制御したエアロゾルに対してSMPS(走査型モビリティ粒径測定器)測定と、改良GSAによる透過率測定を同時に実施したところ、ほぼ一致する粒径分布(非放射性エアロゾル)が得られ、改良GSAの性能が確認できた。この性能確認の後、各スクリーンに付着した放射性核種を希酸で洗浄し、溶液を半導体検出器で測定することにより ^7Be の粒径分布を得ることができた。

本研究で開発したこのシステムは、課題4におけるエアロゾル分析で、粒径の小さなエアロゾルの強力な分析手段として活用し、多くの有用なデータを得ることができた。

4) 環境中の存在状態分析と模擬実験を通し

た放出形態の解明

本新学術領域研究を進めていく中で、水や酸に不溶性放射性粒子が発見された。不溶性放射性粒子は原子炉建屋から直接環境に放出され、放出後その性質は大きく変わっていないと考えられる。このことは不溶性放射性粒子の分析を通して、事故時の炉内事象を明らかにすることができる可能性を示している。一般に、足立らははじめて発見した数ミクロン径の球形をした¹³⁷Csの比放射能が高い粒子をGroup-A、不定形で数十から数百ミクロンの大きさで、高い放射能を持つ粒子をGroup-Bと呼んでいる。

今回は東日本の比較的広い範囲でその存在が確認されている、Group-Aの粒子についてその生成機構について検討した。すでに知られている知見として、この粒子はSiO₂を主成分として、他にCs, Fe, Znをもつ比較的均一な元素組成を持っている。さらにガラス質で直径数マイクロメートルの球形のものが多い。これらの特徴から、本研究ではGroup-Aの放射性粒子は比較的マイルド(低温)な条件下で生成した液状の母物質があり、これが飛沫となり急冷されて飛散したものであると考えた。本研究では、強塩基であるCsOHが原子炉格納容器内にある何らかのSiO₂源と反応してこのような粒子が生成したと仮説を立てて、生成模擬実験を行った。本研究の結果、不溶性の放射性粒子の生成過程の一つの可能性として、300 という比較的低い温度での生成がありうることを実験的に初めて示した。

不溶性放射性粒子の生成過程を議論するために、粒子に含まれる微量元素の分析を実施した。この中で、本研究では⁹⁰Srに注目した。⁹⁰Srは半減期が28.8年であり、¹³⁷Csに近い半減期を持ち、福島第一原子力発電所の原子炉内における存在量も¹³⁷Csと同じレベルである。一方で、⁹⁰Srと¹³⁷Csはそれらの物理化学的特徴に由来して異なる挙動を示す。すなわち、⁹⁰Srの分析により事故時の炉内温度や粒子生成時の環境に強い制約を与えることが、炉内事象解明の実験的データとして重要な観点を与える。筑波大学との共同研究により放射性粒子を単離したのち、ゲルマニウム半導体検出器によって放射性セシウムを定量、電子顕微鏡ならび特性X線分析を通じて放射性粒子の元素組成を調べた。これらの分析で得られた結果は、これまで知られている知見とも整合した。次に放射性粒子をアルカリ熔融法によって溶液化し、⁹⁰Srを化学分離し液体シンチレーションカウンターによるチェレンコフ光測定した。これにより放射性粒子の⁹⁰Srの放射能を初めて定量した。これまで分析した試料について、⁹⁰Sr/¹³⁷Cs放射能比は、すべて10⁻⁴のオーダーであった。放射能比は、事故後に行われた大規模な陸域の調査や大気粉塵試料などの分析結果に比べて、かなり低い傾向にあった。これらの結果は、エアロゾルとして大気中に放出された

過程と粒子形成の過程が、炉内温度やタイミングなど、異なった過程で起こっていることを示唆している。このように、形態の異なる環境試料の⁹⁰Srなどの微量核種の分析は、原子炉内の放射性粒子の生成過程ひいては原子炉内の事故状況の理解につながる。

核分裂生成物が、エアロゾルで搬送/飛散されることから、その炉内外でのエアロゾルへの付着機構や搬送メカニズムを調べ、環境中の核種による飛散状況の違いと付着機構の関係から、炉内での核分裂生成物の搬送や炉外での挙動を調べることを目的とする。そのために、人工的にコントロール出来るエアロゾル発生装置の開発を行い、核分裂生成物(FP)の付着率の依存性を調べた。具体的には、(1)溶液状・固体状の放射性エアロゾルの生成を模擬した実験、(2)放射性エアロゾルの生成率とエアロゾル粒子の表面積との相関の系統的調査を行い、放射性エアロゾルの生成機構に化学的な相互作用が存在することを定量的に示した。また、その要因がエアロゾル粒子中の陰イオンの分布に強く相関していることを示した。FPの運動エネルギーと付着率の関係にも着目し、エアロゾルのFP等の付着機構や放射性エアロゾルの生成・成長過程について新しい知見が得られた。

5) 分析支援チーム

年間1000を超える資料について分析を実施し、他の研究班、公募研究の遂行を支えた。標準試料の貸し出し等にも対応した。

6) まとめ

本新学術研究(Iset-R)はH28年度で終了したが、福島事故への対応という使命感で異分野が融合した本プロジェクトは、環境動態の科学的成果に留まらず、大きな社会貢献を果たした。さらに、異分野の研究者間の新しいつながりから、まさに異分野融合の新しい学術領域が創成されようとしている。本科学研究プロジェクトで築かれた研究者のつながりを生かし、今後本分野は飛躍的に発展が期待される。

本研究は1名の研究代表者、11名の研究分担者のほかに、8名の連携研究者：中西孝(金沢大学)、高橋成人(大阪大学)、末木啓介(筑波大学)、大塚孝治(東京大学)、高宮幸一(京都大学)、苅部甚一(茨城大学)、岡田佳子(東京都市大学)、高橋賢臣(大阪大学)、6名の研究協力者：小池裕也(明治大学)、斎藤裕子(青山学院大学)、山口喜朗(大阪大学)、菊永英寿(東北大学)、市原千博(愛知医科大学)、佐藤志彦(原子力機構)の組織で実施した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計52件)

- [1] Distribution of Artificial Radionuclides (^{110m}Ag , ^{129m}Te , ^{134}Cs , ^{137}Cs) in Surface Soils from Miyagi Prefecture, Northeast Japan, following the 2011 Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant Accident
T. Watanabe, N. Tsuchiya, Y.Oura, M. Ebihara, C. Inoue, N. Hirano, R. Yamada, S. Yamasaki, A. Okamoto, F. Watanabe Nara, K. Nunohara
Geochemical J., 46, 279-285 (2012).
- [2] Radioactivity Concentrations of ^{131}I and ^{134}Cs and ^{137}Cs in River Water in the Greater Tokyo Metropolitan Area after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident
Y.Oura, M. Ebihara
Geochemical J., 46, 303-309 (2012)
- [3] Origin of enriched uranium contained in Japanese atmospheric deposits
Y.Kikawada, K. Oda, M. Nomura, T. Honda, T. Oi, K. Hirose, Y. Igarashi
Natural Science, 4, 936-942 (2012)
- [4] Heterogeneous distribution of radiocesium in aerosols, soil and particulate matters emitted by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident: retention of micro-scale heterogeneity during the migration of radiocesium from the air into ground and river systems.
K. Tanaka, A. Sakaguchi, Y. Kanai, H. Tsuruta, A. Shinohara, Y. Takahashi
J. Radioanal. Nucl. Chem., 295, 1927-1937 (2013)
- [5] First retrieval of hourly atmospheric radionuclides just after the Fukushima accident by analyzing filter-tapes of operational air pollution monitoring stations
H. Tsuruta, Y. Oura, M. Ebihara, T. Ohara, T. Nakajima
Scientific Reports, 4:6717, 1-10 (2014)
- [6] Determination of atmospheric radiocesium on filter tapes used at automated SPM monitoring stations for estimation of transport pathways of radionuclides from Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant
Y. Oura, M. Ebihara, H. Tsuruta, T. Nakajima, T. Ohara, M. Ishimoto, Y. Katsumura
J. Radioanal. Nucl. Chem., 303, 1555-1559 (2015)
- [7] Daily variation of I-131, Cs-134 and Cs-137 activity concentrations in the atmosphere in Osaka during the early phase after the FDNPP accident
Z. Zhang, K. Ninomiya, N. Takahashi, A. Shinohara
J. Radioanal. Nucl. Chem., 303, 1527-1531 (2015)
- [8] Solvent Extraction Behaviors of Americium(III) and Europium(III) Using 2-Hydroxy-2-methyloctanoic Acid and 2-Hydroxy-2-trifluoromethyloctanoic Acid
Moe Seike, Mai Eguchi, Atsushi Shinohara, Takashi Yoshimura,
J. Radioanal. Nucl. Chem., 303, 1413-1416 (2015)
- [9] Altitude Distribution of Radioactive Cesium at Fuji Volcano Caused by Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident
T. Saito, Y. Kurihara, Y. Koike, I. Tanihata, M. Fujiwara, H. Sakaguchi, A. Shinohara, H. Yamamoto
J. Radioanal. Nucl. Chem., 303, 1613-1615 (2015).
- [10] H. Kimura, M. Uesugi, A. Muneda, R. Watanabe, A. Yokoyama, T. Nakanishi
The situation of Ag and Pu radioisotopes in soil released from Fukushima Daiichi nuclear power plants,
J. Radioanal. Nucl. Chem., 303, 1469-1471 (2015)
- [11] Size-distribution of airborne radioactive particles from the Fukushima Accident
H. Muramatsu, K. Kawasumi, T. Kondo, K. Matsuo, and S. Itoh
J. Radioanal. Nucl. Chem., 303, 1459-1463 (2015)
- [12] A Database of Hourly Atmospheric Concentrations of Radiocesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) in Suspended Particulate Matter Collected in March 2011 at 99 Air Pollution Monitoring Stations in Eastern Japan
Y. Oura, M. Ebihara, H. Tsuruta, T. Nakajima, T. Ohara, M. Ishimoto, H. Sawahata, Y. Katsumura, and W. Nitta
Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences, 15, 15-26 (2015)
- [13] Radiocesium transfer into the fruit of deciduous fruit trees contaminated during dormancy contaminated during dormancy.
Mamoru SATO, Daisuke TAKATA, Keitaro TANOI, Tsutomu OHTSUKI, Yasuyuki MURAMATSU
Soil Science and Plant Nutrition 61, 156-164 (2015).
- [14] Decontamination Effects of Bark Washing with a High-pressure Washer on Peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] and Japanese Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) Contaminated with Radiocaesium during Dormancy.
Mamoru Sato, Kazuhiro Abe, Hidetoshi Kikunaga, Daisuke Takata, Keitaro Tanoi, Tsutomu Ohtsuki, Yasuyuki Muramatsu.
The Horticulture Journal Preview, 84, 295-304 (2015)
- [15] Observation of attachment ratio of fission products on solution aerosol
K. Takamiya, T. Tanaka, S. Nitta, S. Itosu, S. Sekimoto, Y. Oki, T. Ohtsuki
Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 307, 2227-2230 (2016)
- [16] Development of the modified sum-peak method and its application
Y. Ogata, H. Miyahara, M. Ishihara, N. Ishigure,

S. Yamamoto, S. Kojima
Applied Radiation and Isotopes, 109, 354-357
(2016)
[17] K. Yumimoto, Y. Morino, T. Ohara, Y. Oura,
M. Ebihara, H. Tsuruta, T. Nakajima.
Inverse modeling of the ¹³⁷Cs source term of the
Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant
accident constrained by a deposition map
monitored by aircraft.
Journal of Environmental Radioactivity 164, 1-12
(2016).
[18] Size Measurement of Radioactive Aerosol
Particles in Intense Radiation Fields Using Wire
Screens and Imaging Plates
Y. Oki, T. Tanaka, K. Takamiya, N. Osada, S.
Nitta, Y. Ishi, T. Uesugi, Y. Kuriyama, M.
Sakamoto, T. Ohtsuki
Journal of Radiation Protection and Research,
41(3), 216-221 (2016)
[19] Attachment Behavior of Fission Products
to Solution Aerosol
K. Takamiya, T. Tanaka, S. Nitta, S. Itosu, S.
Sekimoto, Y. Oki, and T. Ohtsuki,
J Radiat Prot Res 41, 350-353 (2016).
[20] Model depiction of the atmospheric flows
of radioactive cesium emitted from the
Fukushima Daiichi Nuclear Power Station
accident.
T. Nakajima, S. Misawa, Y. Morino, H. Tsuruta,
D. Goto, J. Uchida, T. Takemura, T. Ohara,
Y. Oura, M. Ebihara, M. Satoh.
Progress in Earth and Planetary Science 4:2, 1-18
(2017).
[21] Use of a size-resolved 1-D resuspension
scheme to evaluate resuspended radioactive
material associated with mineral dust particles
from the ground surface
M. Ishizuka, M. Mikami, T. Y. Tanaka, Y.
Igarashi, K. Kita, Y. Yamada, N. Yoshida, S.
Toyoda, Y. Satou, T. Kinase, K. Ninomiya, A.
Shinohara
Journal of Environmental Radioactivity, 166,
436-448 (2017)
[22] Rapid isolation method for radioactive
strontium using Empore™ Strontium Rad Disk
Zhang, Z., Ninomiya, K., Takahashi, N., Saito, T.,
Kita, K., Yamaguchi, Y., Shinohara, A.
Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences,
16, 15-21. (2016).
(他 30 件)

〔学会発表〕(計 103 件)

K. Ninomiya, Z. Zhang, N. Fujita, S. Kakitani, Y.
Yamaguchi, K. Kita, A. Watanabe, H. Tsuruta, A.
Shinohara
"Seasonal variation of radioactive cesium
concentrations in the atmosphere after the
FDNPP accident"
GoldSchmidt2016, Yokohama, Japan, 26 June-1
July, 2016

(他 102 件)

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/hydrogeo/isetr/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

篠原 厚 (SHINOHARA Atsushi)
大阪大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：60183050

(2)研究分担者

齊藤 敬 (SAITO Takashi)
尚絅学院大学・環境構想学科・准教授
研究者番号：00343616

上杉正樹 (UESUGI Masaki)
金沢大学・学際科学実験センター・研究員
研究者番号：00622094

小島貞男 (KOJIMA Sadao)
愛知医科大学・医学部・教授
研究者番号：20126858

本多照幸 (HONDA Teruyuki)
東京都市大学・工学研究科・教授
研究者番号：30139414
*H25 年度まで

村松久和 (MURAMATSU Hisakazu)
信州大学・教育学部・教授
研究者番号：40157798

沖 雄一 (OKI Yuichi)
京都大学・原子炉実験所・准教授
研究者番号：40204094

大槻 勤 (OTSUKI Tsutomu)
京都大学・原子炉実験所・教授
研究者番号：50233193

横山明彦 (YOKOYAMA Akihiko)
金沢大学・自然化学研究科・教授
研究者番号：80230655

大浦泰嗣 (OURA Yasuji)
首都大学東京・理工学研究科・准教授
研究者番号：90291567

二宮和彦 (NINOMIYA Kazuhiko)
大阪大学・大学院理学研究科・助教
研究者番号：90512905

吉村 崇 (YOSHIMURA Takashi)
大阪大学・ラジオアイソトープ総合センタ
ー・教授
研究者番号：90323336