

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：82502

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H02971

研究課題名(和文) 多元的 in situ 解析技術によるウラン晩発影響の小児期特性の解明

研究課題名(英文) Developmental characteristics of uranium-induced renal late effects by combination of multiple in situ analysis

研究代表者

武田 志乃 (Takeda, Shino)

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・放射線医学総合研究所 放射線障害治療研究部・グループリーダー (定常)

研究者番号：00272203

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではラットモデルにおいて腎臓のウラン不均一分布と晩発影響について検討した。腎臓の微細構造の特性から、腎臓薄切試料による線飛跡による線量分布、ウラン腎臓内分布・局在、組織病理変化、およびDNA損傷解析の手法を確立し、これらのデータを総合的に評価することにより、ウラン晩発影響の小児期特性を検討した。成熟個体に対して発達期ばく露での増殖病変発生数は低く、両者の関係はバルク的なウラン腎臓移行量に対応した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ウランの毒性影響はこれまで重金属としての化学毒性が主体と考えられてきたが、本研究での標的部位である腎臓特有の複雑な微細構造やウランの不均一的な分布様態を考慮した新たな研究アプローチにより、線核種としての局所線量影響を考慮すべき点を提示できた。また現行の内部被ばく線量・リスク評価は不均一分布による局所影響が考慮されておらず、新たな線量・リスク評価の必要性への布石となった。

研究成果の概要(英文)：A combination method of in situ determination of elemental distribution, elemental composition, chemical status, histo-pathological observation, and molecular analysis was developed for uranium-induced renal late effects. The developmental characteristics were examined in newborn and prepubertal renal cancer model rats. Compared to mature individuals, low incidence of renal proliferative lesions in developmental rats after uranium exposure. Its frequency corresponded to the amount of renal uranium.

研究分野：環境毒性学

キーワード：ウラン 腎臓 晩発影響 放射光 蛍光X線分析 マイクロPIXE

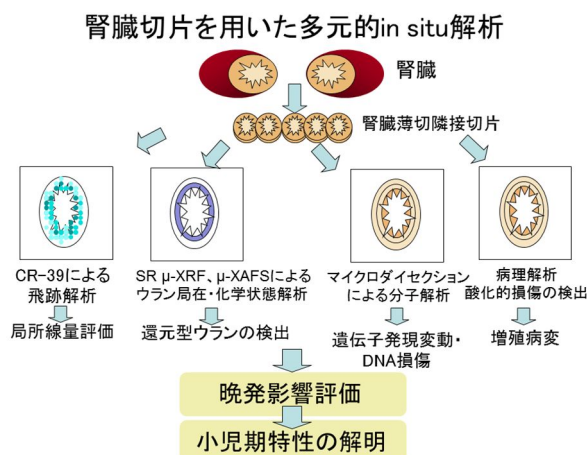
1. 研究開始当初の背景

放射線や化学物質に対して感受性の高い小児期における影響が特に問題となる。本格化する廃炉作業での溶融した燃料近くの汚染水や廃棄物、燃料デブリ等の処理に向けて有事に際に備え、関連核種の生体影響に関する科学的知見を整備する必要がある。中でもウランは、劣化ウラン弾汚染問題以降、ウランの化学毒性に関する多くの報告がなされ、リスク評価に化学毒性を考慮すべき指摘はあるものの (Bryant, Journal of Radiological Protection 34; N1-N6, 2014)、現行のリスク評価には反映されていない。加えて、幼児で腎毒性が重症化すること (Magdo *et al.*, *Environ Health Perspect* 115, 1237-1241, 2007) が指摘されており、今後の廃炉プロセスに対する不安材料となっている。特に晩発影響に関する科学的知見が乏しい小児期影響の解明が必要とされている。

一方、ラットを用いたウラン急性腎毒性の先行研究では、幼齢期での遅いウラン腎臓排泄や腎臓内ウランの不均一分布がもたらす部位特異的な組織損傷が示されている (Homma-Takeda *et al.*, *J Appl Toxicol* 33, 685-694, 2013)。ウランは下流領域の近位尿細管 (S3 セグメント) に特異的に蓄積し尿細管損傷を引き起こし、ミクロンレベルの微小領域に存在するウラン濃集部が尿細管障害回復期においても残存することから (Homma-Takeda *et al.*, *J Appl Toxicol* 35, 1594-1600, 2015)、ウランの腎臓排泄が遅い幼若期のウランばく露では、ウラン濃集部の残存による将来的な晩発影響が懸念される。ウラン α 線の場合、およそ隣接する細胞間距離に相当する 30 μm 付近で α 線のエネルギー付与が最大となる。腎臓微細構造と対応させ、 α 線付与細胞を把握することが重要となる。腎臓は糸球体や機能の異なる尿細管が入り組んだ構造をしている。 α 線核種であり、部位特異的な腎臓内動態を呈するウランの場合、従来のバルク的な解析ではなく腎臓構造に対応した新たな解析手法が望まれる。

2. 研究の目的

ウラン小児期晩発影響解析を行うにあたり、腎臓の S3 近位尿細管に限局的に観察されるウランの不均一分布、すなわちミクロンレベルの微小領域に存在するウラン濃集部に起因する局所線量影響に着目し、まず *in situ* 解析技術を駆使し、腎臓薄切片試料に対するウラン局在、化学状態、局所線量分布、組織損傷および分子解析を総合的に腎臓組織構造と対応させ毒性評価を行う手法を確立する。次に腎がんモデルラットを用いた晩発影響の実証研究に本手法を適用し、成熟個体と比較することによりウラン晩発影響の小児特性を明らかにする。



3. 研究の方法

1) マイクロビーム元素分析によるウラン腎臓内動態解析

組織や細胞・生体分子等を破壊・溶解して元素分析を行う従来の解析手法では、元素動態と組織・細胞構造との対応ができないこと、生体内での状態を反映していない可能性などが指摘されていた。プロトンや放射光のマイクロビームを利用した元素分析、マイクロ PIXE (荷電粒子励起 X 線発光) 法や SR- μ XRF (シンクロトロン放射光蛍光 X 線分析)、 μ XAFS (X 線吸収微細構造) 法いずれも非破壊分析であるため、組織構造や細胞配置を保ったまま、分布様態や局在量、化学形変化を調べることができる。加えて、繰り返し測定や他の解析手法との組み合わせ解析が可能であり、本研究の多角的 *in situ* 解析手法の主軸となった。

本法で用いたマイクロ PIXE 法はプロトンビーム衝撃により発生する特性 X 線のエネルギーにより試料中に存在する元素の種類を、その強度により元素存在量を知るものである。一連の分析施設は所属機関が保有しており、強度の安定したナノビームも供給され、イオンビームの照射電荷量を正確に把握することで高い定量性を実現している。SR- μ XRF が不得手とする軽元素の検出に優れており、マイクロ PIXE と SR- μ XRF の組み合わせ解析により、腎臓内元素動態解析の対象元素を飛躍的に向上させる。

SR-XRF も同様に放射光照射により生じる蛍光 X 線から定性・定量分析を行うものである。高輝度光科学研究センターの大型放射光施設 (SP-ring8) では、20 keV 以上の高エネルギー励起 X 線の利用が可能であり (高エネルギー SR-XRF)、これまで生体多量元素の妨害を受けて微量検出が行えなかったウランを生体多量元素の妨害を受けない領域で検出することができる (Homma-Takeda S, *et al.*, *Nucl Instr Meth Phys Res B* 267, 2167-2170, 2009)。加えて、放射光のエネルギー選択性を利用し、目的元素の吸収端前後のエネルギーを徐々に変化させながら照射し、その吸収波形から価数変化や近傍配位子の状態を知ることができる。この XAFS 法と SR- μ XRF による元素

マッピングを組み合わせることで、組織中の元素分布様態と化学形変化を把握することができる。腎臓凍結切片(10 μm厚み)を分析用ポリプロピレン膜に付着させ、マイクロPIXEおよびSR-μXRFそれぞれの測定ホルダーに設置し、測定試料とした。連続切片は組織構造把握のため組織染色に供した。マイクロPIXEは量子科学技術研究開発機構共用施設利用課題として行った。SR-μXRFおよびμXAFSは高輝度光科学研究センターの大型放射光施設共用利用課題として行った。



- ・高エネルギーマイクロビームシンクロトロン放射光蛍光X線分析 (High Energy SR-μXRF)
- ・マイクロPIXE分析 (μPIXE)
- ・マイクロビームX線微細構造法 (μXAFS)

2) α線飛跡による線量分布解析

固体飛跡検出プラスチック板 CR-39 を用いて α線飛跡を検出した。CR-39 表面に腎臓組織切片を付着させ、一定期間静置した。組織切片を除き、CR-39 を強アルカリ溶液でエッチング処理を行うことで、ウランより放出された α線の飛跡をエッチピットとして検出した。CR-39 で検出可能な α粒子の入射角度を考慮し、本手法による α線検出効率を推定した。これまでに確立した CR-39 上に細胞像を凹凸像として転写する技術 (Konishi, T *et al.*, *J. Radiat. Res.* 48, 255-261, 2007)を参考に、CR-39 上に腎臓組織像を転写した。解析したエッチピットの位置座標、ピットサイズ(LETに対応)とその個数、ならびにシミュレーションで得られた α線検出効率を考慮することで、組織構造に対応した α線付与部位のイメージングを作成した。

3) 組織染色および免疫組織学染色による組織損傷解析

マイクロPIXEやSR-μXRFの隣接切片の染色を想定し、一般組織染色(HE染色)、尿細管分別に適したPAS染色(Periodic Acid Schiff)、S3近位尿細管特異的タンパク(グルタミンシンターゼ)の免疫染色、増殖病変のマーカーとしてリン酸化4EBP1の免疫染色等の染色を行った。マイクロPIXEやSR-μXRFの測定試料との距離と元素マッピングと組織構造の対応性を検討した。

4) マイクロダイセクションによる分子解析

増殖病変部のDNA損傷解析等を行うためには、病変部尿細管以外の細胞混入を極力下げる必要がある。そのため、腎臓薄切試料から極細針により病変部を回収することとした。回収部のDNA、RNA、タンパク量を低量し、薄切切片試料の必要量、試料保存条件、病変部判別のための染色(クレシルバイオレット)操作の影響を検討した。

5) 動物実験

in situ解析手法開発にはWistar雄性ラット(10週齢)を用いた。酢酸ウランを0.5 mg/kgの割合で背部皮下に一回投与し、経時的に解剖し腎臓を摘出した。左側腎臓中央部(200 mg)はICP-MSに供し、腎臓中平均ウラン濃度を求めた。上部から凍結切片を作製し、各種in situ解析に用いた。

晩発影響解析には、腫瘍抑制遺伝子*Tsc2*に変異を有す腎がんモデルラットの雄性ラットとWistar雌性ラットのF1ラットを用いた。1、3、および10週齢の雄性F1に酢酸ウランを0.5 mg/kgの割合で背部皮下に一回投与した。その後、生後1年まで飼育・観察し、経時的に解剖し腎臓を摘出した。左側腎臓の中央部の組織を用いてICP-MSによりウラン濃度を測定し、上部から凍結切片を作成し、in situ解析に用いた。右側腎臓は精密病理解析に供した。すなわち、上部、中央部、下部の3部位からPAS染色(Periodic Acid Schiff)標本作製し、再生尿細管および尿細管の増殖性病変を計数した。

4. 研究成果

1) マイクロビーム元素分析によるウラン腎臓内動態解析

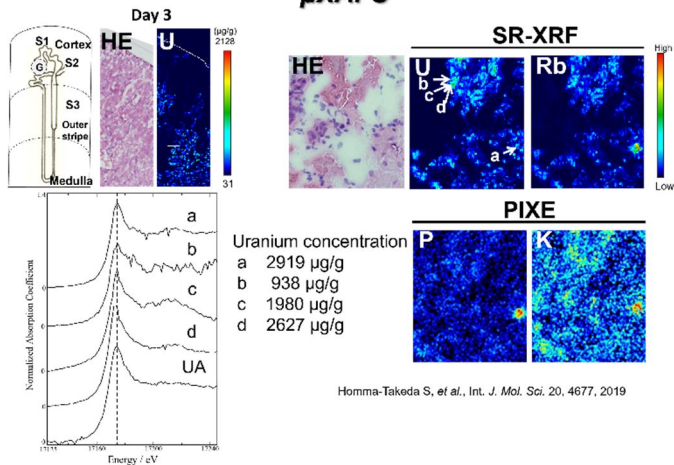
腎臓薄切試料について、SR-μXRF用試料、続いて組織構造把握用薄切試料2組、次にマイクロPIXE用薄切試料という連続切片試料を作製し、元素マッピングと組織構造対応およびSR-μXRFとマイクロPIXEイメージングの対応を検討した。SR-μXRFが特異とする重元素マッピングとマイクロPIXEが特異とする軽元素マッピングを対応させることが可能であることを確認した。

マイクロPIXE解析によりウランばく露後S3尿細管領域にリン・カリウムの濃集部が形成されること、またそこにウランが共存することが判明した。PIXE測定、SR-μXRFおよびμXAFSの組み合わせ手法を同一試料に対し行い、ウラン濃集部の化学情報を得た。腎臓内のウラン濃集部のウラン量は数千ppmに達しており、リン・カリウム共存のウラン濃集部では投与した酢酸ウランに類似したXAFSスペクトルであったが、リン・カリウム共存の無いタイプのウラン濃集部ではスペクトル波形が

幅狭に変化し酢酸ウランよりも低エネルギー側にシフトしているものも観察された。ウラン濃集部の形成機序は一樣ではなく、ミネラルゼーション様や還元型様の形成様式があるものと推測された (Homma-Takeda S, *et al.*, *Int. J. Mol. Sci.* 20, 4677, 2019)。

上述の腎臓内の数ミクロン四方の微細なウラン濃集部に正確にマイクロビームを照射して行う μ XAFS に対し、マイクロビームを走査しながら行う 2D-XAFS により尿細管ウランの酸化状態マッピングを検討した。酢酸ウランからの変化割合を可視化したところ、尿細管内で分布様態を呈していることが明らかとなった (Homma-Takeda S, *et al.*, *Radiat. Phys. Chem.* 175, 108147, 2020)。還元型ウランは不溶・不動性と認識されており、腎臓内でのこのような化学形変化が腎臓内ウラン残存や晩発影響の引き金になっているものと考えられた。

Combination of μ PIXE, SR- μ XRF and μ XAFS

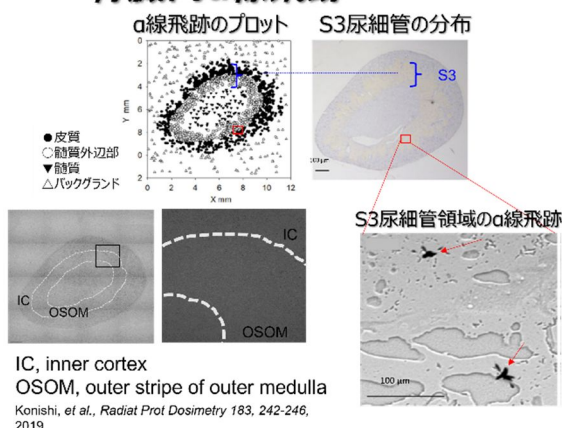


Homma-Takeda S, *et al.*, *Int. J. Mol. Sci.* 20, 4677, 2019

2) α 線飛跡による線量分布解析

腎臓内の α 線飛跡は腎臓の皮質内部から髓質外辺部にかけて分布していた。 α 線飛跡と S3 尿細管に対する免疫組織染色と対応させ、腎臓内の α 線付与領域を求めたところ、S3 尿細管領域と合致した。尿細管レベルでの対応では S3 尿細管に α 線飛跡が集中していることが確認された (Konishi, *et al.*, *Radiat Prot Dosimetry* 183, 242-246, 2019)。

腎臓内 α 線飛跡

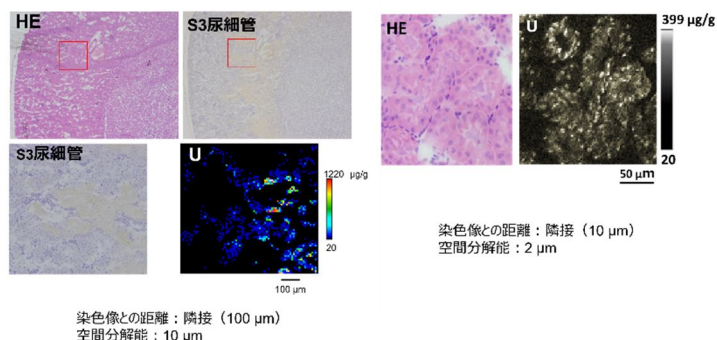


IC, inner cortex
OSOM, outer stripe of outer medulla
Konishi, *et al.*, *Radiat Prot Dosimetry* 183, 242-246, 2019.

3) 組織染色および免疫組織学染色による組織損傷解析

隣接凍結切片試料に対する各種染色条件を設定した。元素マッピングとの組織像の対応について代表例を右図に示す。元素マッピングの空間分解能が 10 – 20 μ m 程度の場合は、例えば S3 尿細管マーカーのグルタミンシターゼの免疫染色で S3 尿細管分布とウラン分布の対応であれば、隣接切片 (元素マッピングと染色像との距離 10 μ m) で対応は十分可能であり、元素マッピングと染色像との距離が 100 μ m 程度となっても概ね良好であった。一方、空間分解能が 2 μ m の元素マッピングとなると、尿細管レベルでの対応となる。概ね元素マッピングと尿細管構造との対応は可能であったが、一部の微細構造では構造的なズレが生じることを確認した。しかしながら、測定試料自体の染色を施しても、染色操作による試料の伸びなどが生じ、やはり一部の構造では両者の合致にズレが生じることがわかった。将来的にサブミクロンの元素マッピングとの組織構造対応となると、無処置・無染色での組織構造把握ができる新たな手法必要になると考えられた。

組織構造との対応



Homma-Takeda S, *et al.*, *Int. J. Mol. Sci.* 20, 4677, 2019.

4) マイクロダイセクションによる分子解析

腎臓薄切片からの極細針による DNA, RNA, タンパクの回収量から、分画後の試料の保存は回収率に対して DNA には大きく影響を与えないが、RNA は若干低下することがわかった。また病変部判別のための染色は回収率に大きく影響を与えないことを確認した。20 μ m 厚みの腎臓切片析で必要試料量を検討したところ、8-10 枚で解析に必要な十分量を回収することがわかった。

5) ウラン晩発影響の小児期特性

ウランの分布・局在領域である下流部位近位尿細管が分布する髄質外辺部で α 線付与が生じており、腎がんモデルラットではこの髄質外辺部で増殖病変が観察されることがわかった。成熟個体に対して発達期ばく露での増殖病変発生数は低く、両者の関係はバルク的なウラン腎臓移行量に対応していた。しかしながら、発達期ラットにおいてウランばく露後初期の腎臓内ウラン局在部のウラン量は成熟ラット相当であり、回復期以降もウラン濃集部が髄質外辺部に残存すること、ウランばく露後約 1 年後も下流部位近位尿細管領域にウラン濃集部が検出され、その局在量は腎臓平均ウラン濃度の数百倍に達することも明らかとなった。今後腎臓内のウラン侵襲部位である近位尿細管におけるウラン動態と増殖病変発生との関係をさらに詳細に調べていく必要があると考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Shino Homma-Takeda, Chiya Numako, Keisuke Kitahara, Takanori Yoshida, Masakazu Oikawa, Yasuko Terada, Toshiaki Kokubo, and Yoshiya Shimada	4. 巻 20
2. 論文標題 Phosphorus localization and its involvement in formation of concentrated uranium in the proximal tubules in the kidneys of rats exposed to uranyl acetate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 1677-4687
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/ijms20194677	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Teruaki Konishi, Satoshi Kodaira, Yuichi Itakura, Daisuke Ohsawa, and Shino Homma-Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Imaging uranium distribution on rat kidney sections by detection of alpha tracks using CR-39 plastic nuclear track detectors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Radiation Protection Dosimetry	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/rpd/ncy224	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Shino Homma-Takeda, Akihiro Uehara, Takanori Yoshida, Chiya Numako, Oki Sekizawa, Kiyofumi Nitta and Nobuaki Sato	4. 巻 -
2. 論文標題 Two-dimensional μ XAFS for uranium accumulated in kidney of rats exposed to uranyl acetate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiation Physics and Chemistry	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.radphyschem.2019.02.006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Keisuke Kitahara, Chiya Numako, Yasuko Terada, Kiyohumi Nitta, Yoshiya Shimada and Shino Homma-Takeda	4. 巻 24
2. 論文標題 Uranium XAFS analysis of kidney from rats exposed to uranium	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Synchrotron Radiation	6. 最初と最後の頁 456-462
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1107/S1600577517001850	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計23件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Shino Homma-Takeda, Takanori Yoshida, Masakazu Oikawa, Akihiro Uehara, Chiya Numako, Yasuko Terada, Izumi Tanaka, and Hiroshi Ishihara
2. 発表標題 Dynamics of uranium localization and tissue alteration in kidney of rats exposed to uranyl acetate
3. 学会等名 16th International Congress of Radiation Research (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武田志乃、小平聡、及川将一、吉田峻規、寺田靖子、上原章寛、田中泉、石原弘、小西輝昭
2. 発表標題 マイクロビーム分析を利用したin situ解析技術の組み合わせ手法によるウラン動態解析
3. 学会等名 量子生命科学会第1回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武田志乃、吉田峻規、沼子千弥、及川将一、上原章寛、佐藤修彰、寺田靖子、石原弘
2. 発表標題 腎臓におけるウラン濃集部の形成と組織影響
3. 学会等名 第46回日本毒性学会学術年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武田志乃、吉田峻規、上原章寛、田中泉、石原弘
2. 発表標題 酢酸ウランを投与した新生ラットにおけるウラン体内動態
3. 学会等名 日本放射線影響学会第62回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shino Homma-Takeda, Chiya Numako, Akihiro Uehara, Takanori Yoshida, Yuichi Itakura, Oki Sekizawa, Kiyofumi Nitta, and Nobuaki Sato
2. 発表標題 Two-dimensional μ XAFS for uranium in kidney of rats exposed to uranyl acetate
3. 学会等名 17th International Conference on X-ray Absorption Fine Structure (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武田志乃、小平聡、大澤大輔、吉田峻規、小西輝昭
2. 発表標題 in situ解析技術の組み合わせ手法によるウラン腎臓内動態解析の基礎検討
3. 学会等名 量子生命科学研究会第2回学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田峻規、武田志乃、沼子千弥、上原章寛、佐藤修彰、関澤央輝、新田清文、石原弘
2. 発表標題 2次元 μ XAFSによるウラン腎臓内ケミカルイメージングの試み.
3. 学会等名 量子生命科学研究会第2回学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武田志乃、吉田峻規、沼子千弥、上原章寛、佐藤修彰、寺田靖子、小久保年章、石原弘
2. 発表標題 幼若ラット腎臓におけるウラン動態と化学形解析
3. 学会等名 第45回日本毒性学会学術年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武田志乃、吉田峻規、上原章寛、沼子千弥、佐藤修彰、関澤央輝、新田清文、小久保年章、石原弘
2. 発表標題 ウラン投与ラット腎臓におけるウラン化学形変化
3. 学会等名 日本放射線影響学会第61回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田峻規、武田志乃、上原章寛、沼子千弥、石原弘
2. 発表標題 幼若ラットにおけるウラン体内動態
3. 学会等名 日本放射線影響学会第61回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武田志乃
2. 発表標題 マイクロビームによるウラン腎臓内動態解析：組織試料の元素分析におけるSR- μ XRFs・ μ XAFSの現状
3. 学会等名 Nanomedicine研究懇談会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武田志乃、鈴木享子、瀧山和志、沼子千弥、松本和久、上原章寛、佐藤修彰、寺田靖子、小久保年章、石原弘
2. 発表標題 ラット腎臓内ウラン濃集部の局在量、化学形および組織病理変化の経時観察
3. 学会等名 第44回日本毒性学会学術年会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Shino Homma-Takeda, Yuichi Itakura, Chiya Numako, Masakazu Oikawa, Teruaki Konishi, Yasuko Terada, Toshiaki Kokubo, Hiroshi Ishihara, and Yoshiya Shimada
2. 発表標題 Cellular localization and chemical condition of uranium in kidney of rats exposed to uranyl acetate by μ PIXE, SR- μ XRF, and μ XAFS
3. 学会等名 1st International Symposium on Quantum Science and Technology, (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Shino Homma-Takeda, Chiya Numako, Masakazu Oikawa, Yasuko Terada, and Toshiaki Kokubo
2. 発表標題 Distribution of phosphorus and uranium in kidney of rats exposed to uranyl acetate
3. 学会等名 6th International Symposium on Metallomics (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 武田志乃
2. 発表標題 マイクロビーム分析による組織中ウランおよび生体微量元素の濃集部の解析
3. 学会等名 第36回生体と金属・化学物質に関する研究会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 武田志乃
2. 発表標題 バイオ・ケミカルイメージング：ウラン生体濃集と化学形変化
3. 学会等名 分子研研究会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 武田志乃、瀧山和志、板倉雄一、小西輝昭、沼子千弥、上原章寛、佐藤修彰、寺田靖子、小久保年章、石原弘、島田義也
2. 発表標題 ウラン投与ラット腎臓におけるウラン濃集部の動態解析
3. 学会等名 日本放射線影響学会第60回大会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 鈴木享子、武田志乃、松本雅紀、石原弘
2. 発表標題 幼若ラットにおける尿中ウラン排泄
3. 学会等名 日本放射線影響学会第60回大会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Teruaki Konishi, Satoshi Kodaira, Yuichi Itakura, Daisuke Ohsawa, Shino Homma-Takeda
2. 発表標題 A method for imaging of uranium distribution on rat kidney sections by detection of α -particle tracks using CR-39 plastic nuclear track detectors
3. 学会等名 Micros 2017 - 17th International Symposium on Microdosimetry, (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 武田志乃
2. 発表標題 バイオ・ケミカルイメージングを目指して～ウラン腎臓内動態と組織影響～
3. 学会等名 第98回日本化学会春季年会（招待講演）
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 武田志乃
2. 発表標題 非破壊放射光蛍光X線分析を用いたウラン体内動態解析
3. 学会等名 第21回X線分析講習会(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 武田志乃
2. 発表標題 PIXEを用いたウラン体内動態解析
3. 学会等名 第59回日本放射線影響学会(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 武田志乃、及川将一、沼子千弥、松本和久、小西輝昭、小平聡、小久保年章
2. 発表標題 ウランを投与したラット腎臓の軽元素分布とウラン動態
3. 学会等名 第32回PIXEシンポジウム
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小平 聡 (Kodaira Satoshi) (00434324)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・高度被ばく医療センター 計測・線量評価部・研究統括(定常) (82502)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小久保 年章 (Kokubo Toshiaki) (10425663)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・放射線医学総合研究所・上席研究員（定常） (82502)	
研究分担者	小西 輝昭 (Konishi Teruaki) (70443067)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・量子生命科学領域・グループリーダー（定常） (82502)	
研究分担者	臺野 和広 (Daino Kazuhiro) (90543299)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・放射線医学総合研究所 放射線影響研究部・研究統括（定常） (82502)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関