

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H04628

研究課題名(和文) 福島事故で発生したデブリの大気圧非平衡プラズマと固体吸着剤を用いた化学処理法

研究課題名(英文) Study on chemical treatment of debris generated by Fukushima accident by using atmospheric-pressure non-equilibrium plasma and solid adsorbents

研究代表者

鈴木 達也 (Suzuki, Tatsuya)

長岡技術科学大学・工学研究科・教授

研究者番号：70323839

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：福島事故で発生したデブリの処理・処分のために、その特性を評価し、含有する核燃料物質等の核種を適切に分離する必要がある。また、デブリは難溶解性の物質であるので溶解の研究も必要である。そこで、熱化学計算によりデブリの化学特性評価、模擬デブリの試作、新奇溶解法の研究、固体抽出剤による核種分離法の研究を行った。模擬デブリの試作の結果、Uは化学形や作成条件に寄らず4価であることを確認した。溶解に係る研究では、熱化学反応による塩素化で酸に溶解させ得ること(95%超の溶解率)を確認した。固体抽出剤を用いた核種分離ではアンチモン酸系抽出剤によるSrの分離可能性やアミド系樹脂によるU回収の可能性を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、福島事故で発生したデブリの処理・処分に必要な核種分離に資すると共にそれらの分析技術にも応用することが可能であり、福島復興の一助になると考えられる。また、学術的には、難溶解性の酸化物を溶解する新たな手法を提案しており、様々な難溶解性酸化物の溶解に適応することにより、分析化学や冶金学への応用が可能であり、これらの分野に新たな展開をもたらすものと期待できる。また、開発した固体抽出剤も、分離化学、分析化学をはじめとして多くの化学分野への展開が期待できる。

研究成果の概要(英文)：For the treatment and disposal of nuclear debris generated by nuclear severe accidents, the evaluation of their physicochemical properties and the adequate separation of nuclides in debris are required. Since the debris hardly dissolves in aqueous solution, the dissolution methods of debris are also required. Thus, we carried out the studies on the physicochemical properties of debris by thermochemical calculation, the manufactures of the simulant debris, the novel dissolution method by thermochemical conversion, and the nuclide separation by solid type extractants. From the results of manufactures of simulant debris and their analysis, U in debris is confirmed to be tetravalent regardless of their chemical forms and manufacturing condition. We obtained the 95% over of dissolution ratio of debris in acidic solution by chemical conversion into chloride. We found the feasibility of removal of Sr by an antimonite acid type extractant and of recovery of U by an amide-type resin.

研究分野：原子力工学

キーワード：原子力エネルギー デブリ 廃棄物処理 分離・分析 バックエンド

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

福島事故で発生したデブリは、現状では化学的な組成や性質が明確ではなく、分析する技術が望まれている。必要な分析技術の一つに含まれる核種分析、特に国際規制物資である核燃料の量を正確に把握する必要がある。デブリは、概要に示したように、燃料、被覆管、コンクリートなどが溶融して固まったものであり、酸化ウラン、ジルコニウム、シリカなどが混在しており、酸等の溶液に非常に難溶解性である可能性が示唆されており、正確な核種分析のためには溶解技術が必要であり、また、測定を妨げる高い放射能を持つ放射性物質の分離除去技術の開発も必要である。更には、デブリを適正に処分するという観点からも、デブリを溶解し、含有する核燃料物質や放射性同位元素を適切に分類し、分別処理をして処分することが望ましい。我々は、大気圧非平衡プラズマを用いることにより、難溶性物質を酸や水に溶解可能な化学形態に転換できること確認する[1-3]と共に固体抽出剤により種々元素を効率的に分離できる技術を手に入れている[4,5等]。今回、デブリを対象とし化学転換を行い、固体抽出剤で化学分離を行う手法を開発する。

2. 研究の目的

福島事故で発生したデブリの処理・処分は、福島事故の処理において必要不可欠である。そのためには、デブリ内部に含まれる核種を把握することが重要であり、取り分け国際規制物資である核燃料の正確な測定は欠かすことができない。また、デブリを化学的に処理し、核燃料を分離して保管管理することは、保障措置・計量管理の観点からも望ましく、適切な放射性物質の分離と化学処理は安定な廃棄体として処分するための重要なステップである。当該研究では、デブリを化学転換し、溶解させることにより高精度な元素分析を可能とすると共に核燃料物質および放射性物質の分離技術に関する基本的な成立性を確認することを目的とする。

具体的には、酸化反応により UO_2 を U_3O_8 に化学転換し、体積膨張により[2]、デブリの粉碎あるいは脆化させ、続いて塩化反応[1,3]により、易溶解性の物質に化学転換を行う。核種分離として固体抽出剤の研究を行い、合理的な分離方法を目指す。

そのために、以下の研究を実施し、工学的に必要な基礎的な知見を得る。

- ・デブリの熱化学計算等による化学的特性の評価。
 - ・デブリ化学転換及び溶解に関する基礎研究
 - ・固体抽出剤の開発と核種分離に関する基礎研究
- 上記の結果と知見を踏まえ、分析及びデブリに適したスキームを提案する。

3. 研究の方法

(1) デブリの熱化学計算等による化学的特性の評価

主要な生成相の化学的特性の評価として、熱力学平衡計算ソフト(FactSage 6.2)、熱力学データベース(NUCLEA version 2005-01)を用いて $(U_{1-x}, Zr_x)O_2$ ($0 < x < 1$) の U、Zr 比率による酸素ポテンシャルと酸化還元的相关性、ギブスの生成エネルギー変化への影響を評価した。燃料デブリの酸化・塩素化処理時の反応式の評価として、熱力学データベース MALT for Windows を用いて UO_2 や ZrO_2 を酸化及び塩素化した時のギブスの自由エネルギー変化から反応式を評価した。 $(Zr,U)SiO_4$ 等の生成条件の検討として、 $(Zr,U)O_2$ を合成した後、模擬のコンクリート原料粉末 (SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3) と混合、異なる加熱温度、酸素雰囲気化で加熱溶融し、電子顕微鏡等を用いて生成相やその組成を特定した。

(2) 大気圧非平衡プラズマによるデブリ化学転換及び溶解に関する基礎研究

大気圧非平衡プラズマによる試験装置として、印過電圧 10kV、周波数 20kHz の高周波による誘電体バリア放電を用いた、不定形のデブリに対応できるフロー型プラズマリアクターの試作を行った。本装置は、直径 5mm のアクリル製ノズルでヘリウムと酸素を混合させたプラズマをジェット状に噴き出すように作られている。デブリの UO_2 成分の模擬として似たような酸化状態を持つ MoO_2 を用いて酸化試験を行った。

また、上記のプラズマ酸化現象を用いた試験のみならず、その基礎となる熱化学反応試験もを行い、反応機構と溶解性に関する知見を得た。本試験では管状炉で酸素雰囲気中での加熱試験と SS316 製の反応容器中に四塩化炭素を加えて加熱を行うことにより実施した。酸化反応では UO_2 ペレットもしくは UO_2 と ZrO_2 と酸化鉄で作成した模擬デブリを用いた。模擬デブリは溶液に溶かしたものを共沈させた後、還元雰囲気中で焼成し模擬デブリを作成した。塩素化試験では模擬物質として CeO を用いた試験、酸化ウランとして UO_2 、 U_3O_8 の粉末、模擬デブリを酸化処理して粉砕したものをを用いた。

(3) 固体抽出剤の開発と核種分離に関する基礎研究

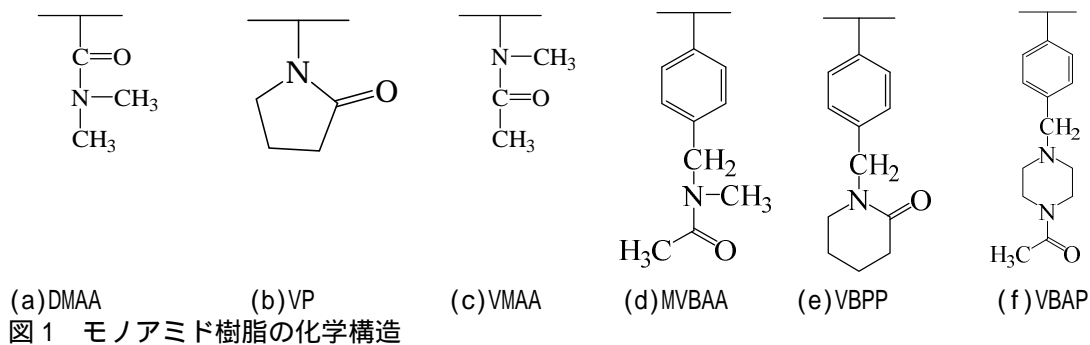
無機固体抽出剤の製造と吸着特性

種々核種の吸着を行うため、様々な無機固体抽出剤を作成し、吸着特性を評価した。研究を行った中からアンチモン酸系とスズ酸系の固体抽出剤について紹介する。なお、無機固体抽出剤と

しては、モリブドリン酸系、多孔質セラミックスなどの合成と吸着試験も行っている。吸着試験は、デブリ中の含有が予想される核種のイオン (Sr^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} , Mo^{5+} , Pd^{2+} , Rh^{3+} , Ru^{3+}) を含む溶液 (塩酸濃度 0.01 ~ 0.5 mol/L) をバッチ試験で吸着試験を行った。

有機固体抽出剤の製造と吸着特性

有機固体抽出剤としては、ピリジン樹脂とモノアミド樹脂等の研究を行った。ここでは、モノアミド樹脂の検討結果について報告する。モノアミド樹脂は、交換基の化学構造により U(VI) や主要な核分裂生成物 (FP) イオンに対する吸着挙動が大きく異なることが分かっており、主鎖からドナー原子 (N, O) までの距離と金属イオンの吸着特性との関係に着目し、この距離が短い N,N-dimethylacrylamide (DMAA) 樹脂 (図 1(a)) [4]、N-vinyl-2-pyrrolidone (VP) 樹脂 (図 1(b)) [5]、N-methyl-N-vinylacetamide (VMAA) 樹脂 (図 1(c)) [6] に加え、逆に距離が長い長鎖型モノアミド樹脂、N-methyl-N-(4-vinylbenzyl)acetamide (MVBA) 樹脂 (図 1(d)) [5]、1-(4-vinylbenzyl)piperidin-2-one (VBPP) 樹脂 (図 1(e))、1-(4-vinylbenzyl)acetyl piperazine (VBAP) (図 1(f)) 樹脂の硝酸系および塩酸系での金属イオンの吸着特性について検討した。DMAA, VP, VMAA, MVBA の各樹脂は既報 [4-6] と同様のものを、また VBPP および VBAP 樹脂は既報 [5] に基づいて新規に合成した。これらは多孔性シリカに担持している。吸着試験はバッチ法を用いて行い、分配係数 (K_d 値) を算出した。



4. 研究成果

(1) デブリの熱化学計算等による化学的特性の評価

熱力学平衡計算により $(\text{U}_{1-x}, \text{Zr}_x)\text{O}_2$ ($0 < x < 1$) の酸素ポテンシャルを計算した。その結果、 ZrO_2 の含有率による影響は、 ZrO_2 の結晶構造の変化のみであり、 UO_2 の酸化に必要な酸素ポテンシャルには影響しないことが分かる。以上の結果は、 $(\text{U}_{1-x}, \text{Zr}_x)\text{O}_2$ ($0 < x < 1$) の酸化反応は、熱力学上は U や Zr の比率に寄らず同様に進むことを見出した。

一方、 $(\text{U}, \text{Zr})\text{O}_2$ を硝酸に溶解した際には、Zr 比率の増加とともに溶解速度が低下することが報告されているため、 UO_2 に ZrO_2 が固溶することにより、 UO_2 の酸化溶解が抑制されることが推定される。このため、 $(\text{U}_{1-x}, \text{Zr}_x)\text{O}_2$ ($0 < x < 1$) のギブスの生成エネルギー変化を熱力学平衡計算により評価した。この結果、1800 程度以上では、 ZrO_2 が 40-50mol.% 程度のときにギブスの生成エネルギーが最少となることを確認した。これは、固溶体形成によりエントロピーが増大することによるものと思われる。以上より、 UO_2 は ZrO_2 の固溶によりエントロピーが増大することで熱力学的に安定な状態となり、 ZrO_2 の固溶とともに酸化しづらくなるものと推測した。

UO_2 を酸化、 UO_2 及び ZrO_2 を CCl_4 により塩素化した時のギブスの自由エネルギー変化を図 2 に示す。本研究にて検討中の処理プロセスでは、 $(\text{U}, \text{Zr})\text{O}_2$ を酸化処理後に塩素化することとしているため、酸化処理による U_3O_8 の粉体化と合わせて、塩素化が加速的に進行可能となると予測される。また、 $(\text{U}, \text{Zr})\text{O}_2$ の酸化処理において、 ZrO_2 はこれ以上酸化しない。 U_3O_8 と ZrO_2 の塩素化によるギブスの自由エネルギー変化は同程度であるため、U と Zr の塩素化はほぼ同時に進行するものと予測できる。

焼結、粉碎した $(\text{Zr}, \text{U})\text{O}_2$ と、1F を想定した模擬のコンクリート原料粉末 (SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3) を混合し、1300、1400、1500 の加熱温度で、大気雰囲気、Ar 雰囲気、Ar-5% H_2 雰囲気下で加熱溶解した。この結果、すべての条件で $(\text{Zr}, \text{U})\text{SiO}_4$ は生成するが、Ar-5% H_2 の還元的な雰囲気下においては生成が抑制されることを確認した。過去の結果と合わせると、 $(\text{Zr}, \text{U})\text{SiO}_4$ は核形成

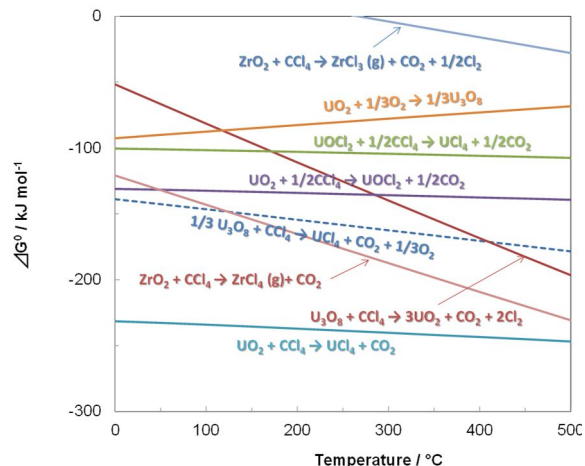


図 2 UO_2 の酸化及び UO_x と ZrO_2 の塩素化反応の生成エネルギー変化

しづらく、かつ結晶成長に時間を有し、また、還元雰囲気下においてはその生成が抑制されると結論付けられる。よって、1Fにおいてもコンクリート成分を含む溶融物が1300-1500程度で数時間以上保持され、かつ比較的酸化的な条件下のみで $(Zr,U)SiO_4$ が生成する可能性がある。 $(Zr,U)SiO_4$ は $(U,Zr)O_2$ 以上に化学的に安定であるため、より効果的な溶解方法を検討する必要がある。また、反射電子像観測の結果、試料のマトリックスはUやCa等を含むガラス質の SiO_2 で形成され、その一部は不純物をほとんど含まない結晶質に変化することを確認した。また、作成した模擬デブリの μ -XAFSを行い、化学形や作成条件に寄らずUは4価であることを確認した。

(2) 大気圧非平衡プラズマによるデブリ化学転換及び溶解に関する基礎研究

ヘリウムでプラズマを点火後、プラズマジェットを生成し、ヘリウムプラズマジェットの出口に酸素を導入することにより、酸素ラジカルを含むプラズマジェットに転換できることを確認した。このプラズマジェットを用い、 MoO_2 ペレットの酸化試験を行い、 MoO_3 への酸化を確認した。しかしながら、今回用いたプラズマの酸素割合が高くなかったため、 MoO_3 への転換率は1割未満で高くなく、酸素ラジカル発生の改良等の更なる改良が必要とされる。

次に、より基礎的なデータを得るために、 UO_2 ペレットの熱化学反応による酸化現象と還元現象による粉体化と塩素化反応の確認を行った。 UO_2 ペレットは酸素雰囲気中400で2.5時間加熱することにより、完全に粉体化されることを確認すると共に、XRD分析により、 U_3O_8 に転換していることを確認した。この U_3O_8 粉末と還元した UO_2 粉末を用いて、塩素化試験を行った。温度は300で U_3O_8 粉末は4時間で UCl_4 に転換されることを確認した。 UO_2 粉末では同条件では転換が不十分で、8時間加熱することで UCl_4 に転換されることを確認した。次に、模擬デブリを用いた試験を行った。模擬デブリは、モル比で6:2:2の割合で溶解させたU、Zr、Feの硝酸溶液にアンモニア水を加えて共沈させ、還元を行った後にプレス成型し、Ar-4% H_2 を流した管状炉の中で4時間、1500で加熱して作成した。この模擬デブリを酸素雰囲気中で300まで2時間かけて昇温、次に700まで1時間かけて昇温し、10分保持した後、3時間かけて室温程度まで下がるのを待って取り出した。模擬デブリでは、 UO_2 ペレットの様に粉体化までには至らなかったが、体積膨張による脆化は確認できた(図3)。また、XRDの結果、模擬デブリ中のウランは UO_2 から U_3O_8 に転換していることを確認した。次に塩素化試験を行い、生成物を濃塩酸で溶解させたところ、残渣の重量から95%以上溶解すること、また、残渣の主成分は ZrO_2 であることが確認された。

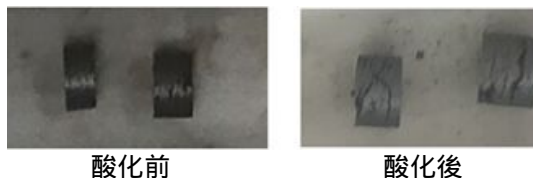


図3 模擬デブリの酸化実験後の写真

(3) 固体抽出剤の開発と核種分離に関する基礎研究

無機固体抽出剤の製造と吸着特性

合成した無機固体抽出剤は、モリブデン酸アンチモン(SbMoA)、アンチモン酸スズ(SnSbA)、スズ酸(SnA)、タングステン酸スズ(SnWA)、タングステン酸モリブデン(MoWA)、チタン酸スズ(TiSnA)である。これらの無機固体抽出剤を用いて、イオンの吸着特性を評価した結果を表1に示す。

表1 0.1 mol/L 塩酸で48時間後の吸着量(%)

	Sr	Fe	Mo	Pd	Ru	Rh
SbMoA	28.9	12.4	0	0	27.4	0
SnSbA	92.5	96.5	73.4	3.7	61.9	0
SnA	0	57.6	93.5	11.9	72.0	12.0
SnWA	0	2.6	96.7	23.5	0	7.1
MoWA	0	1.6	0	47.1	0	0
TiSnA	0	76.2	100	17.6	48.8	14.8

結果からは、Sbを含む固体抽出剤のみがSrを吸着することを確認した。特にSnSbAはSrの除去に有効であると考えられる。白金族に関しては、MoWAがPdを選択的に吸着する傾向があり、RuはSnSbAやSnA、TiSnAが比較的吸着しやすいことが確認できる。また、デブリに多く含まれるFeを除去するには、TiSnAが有効であると考えられる。なお、Moに関しては、過去の研究などから見かけ上吸着しているが、実際には液性変化により沈殿を起こしている可能性があり、今後、更に詳細に検討していきたい。

有機固体抽出剤の製造と吸着特性

FPイオンの中でNd、Zrは硝酸、塩酸系いずれも各モノアミド樹脂にほとんど吸着しなかつ

た。吸着が見られた Mo, Pd, Re(Tc の模擬)のうち、樹脂による吸着挙動の違いが最も顕著であった Re については、0.1M 硝酸および低塩酸濃度領域において主鎖からドナー原子までの距離の増加と共に K_d 値が増大する傾向が見られた。これは主鎖からの距離の増加に伴い、交換基の空間的自由度が増し、より安定的に金属イオンとの錯形成ができたためと考えられる。また、塩酸系において VBPP 樹脂は VMAA 樹脂, VP 樹脂同様、1M HCl で K_d 値が極大を示すのに対し、MVBAA 樹脂, VBAP 樹脂は酸濃度の上昇と共に K_d 値が減少した。塩酸水溶液中において Re は 1M より低酸濃度では ReO_4^- で存在し、酸濃度の上昇と共に HReO_4 , ReO_3Cl と溶存形態が変化する [7]。本研究において吸着挙動に大きな違いが見られたのが 0.1~1M HCl 領域であることから、交換基の化学構造によって ReO_4^- に対する吸着メカニズムに大きな違いがあることが示唆された。

各モノアミド樹脂の U(VI) に対する硝酸濃度依存性を図 4、塩酸濃度依存性を図 5 に示す。VBAP 樹脂は硝酸、塩酸系共に非吸着性であった。これは VBAP において U(VI) に配位可能なカルボニル酸素が隣接する窒素を含む環状構造によって立体障害を受け、U(VI) への配位が阻害されたためであると考えられる。なお硝酸系において、長鎖型樹脂の K_d 値が比較的小さくなっている。これは、主鎖とドナー原子間の距離が長くなることによる交換基の空間的自由度の増加が、U(VI) を複数のカルボニル酸素で安定的に挟み込む構造の形成に寄与していないことを示唆している。塩酸系においては、吸着性の樹脂では塩酸濃度の上昇と共に K_d 値が増加し、特に MVBAA 樹脂, VBPP 樹脂, VP 樹脂の K_d 値が非常に高くなった。高濃度塩酸水溶液中において U(VI) は UO_2Cl_3^- や $\text{UO}_2\text{Cl}_4^{2-}$ といったアニオンで存在するため、配位型吸着剤であるモノアミド樹脂は U(VI) をほとんど吸着しないと予想していた。しかし、これらの樹脂の吸着挙動は陰イオン交換樹脂と同様である。これにより、交換基中の窒素原子がプロトン化 [8] し、モノアミド樹脂がアニオン性の U(VI) を吸着した可能性が示唆された。

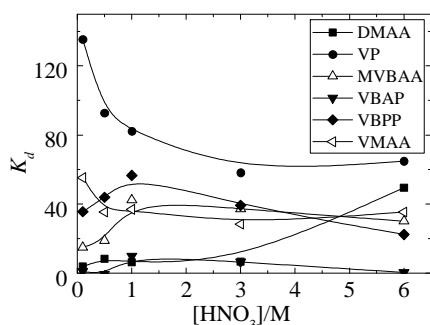


図 4 各モノアミド樹脂の U(VI) に対する K_d の硝酸濃度依存性

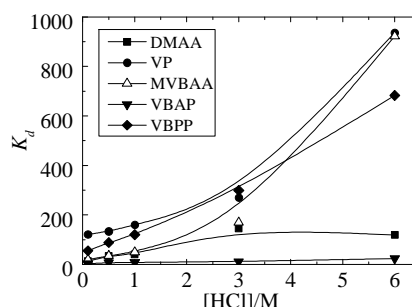


図 5 各モノアミド樹脂の U(VI) に対する K_d の塩酸濃度依存性

< 参考文献 >

- 特許第 6110626 号 「難溶解性物質の可溶化処理方法および溶解方法」登録日平成 29 年 3 月 17 日
- T. Suzuki, et al. Global 2013: International Nuclear Fuel Cycle Conference, pp.578-581 (2013)
- T. Kitagaki, et al. Progress Nucl. Energy, 82, 122-125 (2015).
- M. Nogami, et al., J. Radioanal. Nucl. Chem., 273(1), 37 (2007)
- M. Nogami, et al., Prog. Nucl. Energy, 50, 462-465 (2008)
- S. Nakamura, et al., ANUP2016, Sendai, Japan, P-07 (2016)
- R. R. Srivastava, et al., Hydrometallurgy, 157, 33-38 (2015)
- Y. Ohashi, et al., J. Radioanal. Nucl. Chem., 311, 491-502 (2017)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 T. Suzuki, T. Yamamura, C. Abe, K. Konashi, Y. Shikamori	4. 巻 318
2. 論文標題 Actinide molecular ion formation in collision/reaction cell of triple quadrupole ICP-MS/MS and its application to quantitative actinide	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry	6. 最初と最後の頁 221-225
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10967-018-6095-7	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 -

1. 著者名 T. Suzuki, Y. Fujii, T. Mitsugashira	4. 巻 29
2. 論文標題 Adsorption Behaviors of f-Elements on Quaternary Pyridinium Resin	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Ion Exchange	6. 最初と最後の頁 67-70
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5182/jaie.29.67	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37件（うち招待講演 9件／うち国際学会 20件）

1. 発表者名 T. Suzuki, F. H. Ikhwan, C. Abe, K. Konashi
2. 発表標題 Separation of Trivalent Actinides and Lanthanides by using Pyridine Resin and their Mechanisms
3. 学会等名 The 5th China-Japan Academic Symposium on Nuclear Fuel Cycle（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nogami, S. Nakamura, N. Sato, T. Suzuki
2. 発表標題 Stability of Cyclic Monoamide Compounds Against γ -ray Irradiation
3. 学会等名 The 5th China-Japan Academic Symposium on Nuclear Fuel Cycle（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Suzuki
2. 発表標題 Separation and Analysis of Actinides in Hardly Soluble Materials
3. 学会等名 the 13th Vietnam Conference on Nuclear Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fauzia Hanum Ikhwan, Chikage ABE, Kenji KONASHI, Tatsuya SUZUKI
2. 発表標題 Adsorption Behavior of Trivalent Actinides and Lanthanides on Pyridine Resin in Sodium Nitrate Aqueous Solution
3. 学会等名 The 4th International Conference on "Science of Technology Innovation" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zhouran MA, Tadao YATO, Yoshiya HOMMA, Kenji KONASHI, Tatsuya SUZUKI
2. 発表標題 Basic Study on Thermochemical Conversion of Hardly Dissolved Substances Including Uranium Oxides for Chemical Analysis
3. 学会等名 The 4th International Conference on "Science of Technology Innovation" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fauzia Hanum Ikhwan、阿部千景、小無健司、鈴木達也
2. 発表標題 硝酸ナトリウム水溶液中での3価アクチノイドとランタノイドのピリジン樹脂への吸着挙動
3. 学会等名 日本原子力学会2019年秋の大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zhouran Ma, Tadao Yato, Yoshiya Homma, Kenji Konashi, Tatsuya Suzuki
2. 発表標題 Chlorination of Uranium Oxides containing Substances by Thermochemical Reaction
3. 学会等名 日本原子力学会2020年春の年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊與木莉子、野上雅伸、中村聡志、西田哲大、下部翔馬、鈴木達也
2. 発表標題 ウラン(VI)分離用モノアミド樹脂のFPイオン吸着における交換基構造の影響に関する研究
3. 学会等名 第34回日本イオン交換研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Suzuki, T. Yamamura, C. Abe, K. Konashi, Y. Shikamori
2. 発表標題 Actinide molecular ion formation in collision/reaction cell of triple quadrupole ICP-MS/MS and its application to quantitative actinide analysis
3. 学会等名 11th International Conference on Methods and Applications of Radioanalytical Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsuya Suzuki
2. 発表標題 Nuclide Separation and Actinide Analysis for Uranium-Dioxide-Containing Materials,
3. 学会等名 Fukushima Research Conference on Development of Analytical Techniques in Waste Management (FRCWM2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Wakana Yamaya, Yu Tachibana, Tatsuya Suzuk
2. 発表標題 Decontamination of Cesium in Different Kinds of Aqueous Solutions using Hetropluacid Salts
3. 学会等名 Fukushima Research Conference on Development of Analytical Techniques in Waste Management (FRCWM2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsuya Suzuki, Yasuhiko Fujii, Toshiaki Mitsugashira
2. 発表標題 Adsorption behaviors of f-elements on quartenary pyridinum resin
3. 学会等名 The 7th International Conference on Ion Exchnge (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Minako Iwakuma, Takuma Terada, Tatsuya Suzuki
2. 発表標題 Preparation of porous ceramics adsorbent using alum and recover of Pd, Rh and Ru in nuclear water
3. 学会等名 The 7th International Conference on Ion Exchnge (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsuya Suzuki
2. 発表標題 Basic Research and Development for Actinide Analysis Method of Uranium-Dioxide-Containing Materials
3. 学会等名 The First International Symposium on the Chemical Material Frontiers in Metal and Nuclear Resources Utilization (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsuya Suzuki
2. 発表標題 Actinide analysis by ICP-MS/MS and actinide separation
3. 学会等名 4th International Conference on Materials Chemistry & Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nogami, T. Suzuki
2. 発表標題 Development of monoamide resins for selective recovery of uranium(VI) from nitric acid media
3. 学会等名 4th International Conference on Materials Chemistry & Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木達也、山村朝雄、阿部千景、小無健司、鹿籠康行
2. 発表標題 QQQ型ICP-MS/MSのコリジョン/リアクションセルにおけるアクチノイド分子イオン生成
3. 学会等名 2018年日本放射化学会年会・第62回放射化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿部達雄、アズリ アダハム、イルピン バンジャルナホー、阿部咲葵、伊藤眞子
2. 発表標題 福島事故で発生したデブリの無機イオン交換体を用いた選択的分離 タングステンを含むイオン交換体について
3. 学会等名 日本原子力学会「2019年春の年会」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 アズリ アダハム、イルピン バンジャルナホー，阿部達雄，伊藤眞子
2. 発表標題 福島事故で発生したデブリの無機イオン交換体を用いた選択的分離
3. 学会等名 日本イオン交換学会、第31回イオン交換セミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomohito Katano, Yu Tachibana, Tatsuya Suzuki
2. 発表標題 Chemical Conversion of Hardly Soluble Materials by Oxidized Plasma Jets
3. 学会等名 The 6th International GIGAKU Conference in Nagaoka (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Minako Iwakuma, Takuma Terada, Toshiyuki Kokubu, Tatsuya Suzuki
2. 発表標題 Recover of Valuable Metals in Nuclear Waste with Porous Ceramics Adsorbent
3. 学会等名 the 17th Congress of Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木達也
2. 発表標題 AMP担持多孔質シリカ吸着体の開発と高レベル廃液からのCs回収
3. 学会等名 全国高専フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木達也、池津聡子、坂手康弘、片野智仁、立花優
2. 発表標題 ヘテロポリ酸塩を用いた高レベル放射性廃棄物からのセシウム除去・回収
3. 学会等名 2017年日本放射化学会年会・第61回放射化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木達也、池津聡子、坂手康弘、片野智仁、立花優
2. 発表標題 多孔性シリカ担持型モリブドリン酸アンモニウムの作成と燃料再処理でのセシウム除去プロセスへの応用
3. 学会等名 第33回日本イオン交換研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村 聡志、土肥 航大、野上 雅伸、立花 優、鈴木 達也
2. 発表標題 長鎖型モノアミド樹脂の化学構造とFPイオンに対する吸着特性との関係
3. 学会等名 第33回日本イオン交換研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 片野智仁、立花優、鈴木達也、小無健司、八登唯夫、本間佳哉、北垣徹
2. 発表標題 二酸化ウランペレットの気相中熱化学反応による溶解性物質への化学転換
3. 学会等名 日本原子力学会春の年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木達也、山村朝雄、阿部千景、小無健司、鹿籠康行
2. 発表標題 ICP-QQQ のコリジョンセル中でのアクチノイド分子イオン生成挙動とアクチノイド測定
3. 学会等名 第16回同位体科学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿部咲葵, 阿部達雄, 伊藤眞子, 佐藤司
2. 発表標題 白金族元素を吸着するスズを含む無機イオン交換体の開発
3. 学会等名 第33回日本イオン交換研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 バンジャルナホー イルビン マルドンガン, 阿部達雄, 伊藤眞子
2. 発表標題 様々な無機イオン交換体を用いた高度核種分離
3. 学会等名 第20回化学工学会学生発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Suzuki, Y. Tachibana, Y. Sakate, Son Nguyen An, Lanh Dang
2. 発表標題 Removal of Cesium by Heteropolyacid Salts from Radioactive Waste in HCl System
3. 学会等名 9th International Conference on Nuclear and Radiochemistry (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Suzuki, Y. Tachibana, Y. Sakate, S. A. Nguyen, L. Dang
2. 発表標題 Study on Cesium Removal using Heteropolyacid Salts in HCl System
3. 学会等名 14th Information Exchange Meeting on Actinide and Fission Product Partitioning and Transmutation (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Suzuki
2. 発表標題 Reprocessing with Nuclide Separation Subprocesses based on Ion Exchange
3. 学会等名 BIT's 6th Annual New Energy Forum-2016 in BIT's 3rd Annual Global Congress of Knowledge Economy - 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 K. Matsumoto, T. Suzuki
2. 発表標題 Chemically Conversion And Dissolution Of Hardly Soluble Materials Using Atmospheric-Pressure Non-Thermal Plasma
3. 学会等名 The 5th International GIGAKU Conference in Nagaoka (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yasuhiro Sakate, Yu Tachibana, Son Nguyen An, Lanh Dang, Tatsuya Suzuki
2. 発表標題 Removal of Cesium by Using Heteropolyacid Salts in HCl System
3. 学会等名 The 5th International GIGAKU Conference in Nagaoka (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 松本康平、鈴木達也、立花優
2. 発表標題 難溶解性物質の溶解のための大気圧非平衡プラズマ発生装置の開発
3. 学会等名 第12回再処理・リサイクルセミナー
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 阿部達雄
2. 発表標題 無機イオン交換体を用いた高度核種分離
3. 学会等名 第32回イオン交換研究発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 阿部咲葵, 阿部達雄, 伊藤眞子
2. 発表標題 アンチモンを含む無機イオン交換体を用いた高度核種分離
3. 学会等名 第19回化学工学会学生発表会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 粉体化処理方法、可溶化処理方法及び溶解処理方法	発明者 鈴木達也、大岡靖典	権利者 長岡技術科学大学、原子燃料工業株式会社
産業財産権の種類、番号 特許、特許第6857884号	取得年 2021年	国内・外国の別 国内

〔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	岩熊 美奈子 (Iwakuma Minako) (00342593)	都城工業高等専門学校・物質工学科・教授 (57601)	
研究分担者	阿部 達雄 (Abe Tatsuo) (20390403)	鶴岡工業高等専門学校・創造工学科・助教 (51501)	
研究分担者	北垣 徹 (Kitagaki Toru) (30770036)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・福島研究開発部門 福島研究開発拠点 廃炉国際共同研究センター・研究職 (82110)	
研究分担者	野上 雅伸 (Nogami Masanobu) (50415866)	近畿大学・理工学部・教授 (34419)	

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
---------	---------