

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：82110

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H02130

研究課題名(和文) 超重原子ビーム法の開発と極限化学へのアプローチ

研究課題名(英文) Generation of superheavy element atomic beams and its application to extreme chemistry of superheavy elements

研究代表者

永目 諭一郎 (Nagame, Yuichiro)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 原子力科学研究所 先端基礎研究センター・研究嘱託

研究者番号：80354885

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,500,000円

研究成果の概要(和文)：表面電離イオン源による高強度イオンビーム取り出し技術の開発を進め、重アクチノイド元素のイオン化エネルギーの測定に成功した。また、円筒型金属製イオン源をクロマトグラフ装置として改良し、ローレンシウム(Lr)原子の金属表面への吸着挙動を調べた。吸着にはLrの基底状態の価電子とは違う電子が主に関与するという興味深い結果を得た。ドブニウム(Db)の揮発性化合物の合成と分離に成功し、化学種を決定した。また、Db化合物形成への相対論効果の影響を示唆した。高温ノズル型と電子再結合型の原子ビーム生成装置を製作し、原子ビームの引き出しに成功した。しかし超重元素への適応にはさらなる改良が必要であることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

量子ビーム技術の高度化を進めることで重アクチノイド元素の第一イオン化エネルギー測定を可能にした。この結果、元素周期表でのアクチノイド系列がローレンシウムで終了することを初めて実験的に検証した。また、重い元素で特徴的な原子核と電子との強い相互作用を、化合物形成という観点から明らかにした。これらの成果は、元素の周期表全体を理解するという化学の基本的課題に貢献したといえる。さらにシングルアトムスケールでの実験が要求される超重元素領域の化学、「極限の化学」という新しい研究領域を開拓している。

研究成果の概要(英文)：We have developed a high intensity ion beam extraction technique using a surface ionization source and succeeded in measuring the first ionization energies of heavy actinide elements. The adsorption behavior of the lawrencium (Lr) atom on a metallic Ta surface was also investigated by modifying a cylindrical metal ion source as a chromatographic column. Interesting results were obtained that the adsorption mainly involves electrons different from the valence electrons in the ground state. The volatile compound of dubnium (Db) was successfully synthesized and chemically separated, and the volatile species was determined. The influence of relativistic effects on the formation of the Db compound was also suggested. A high-temperature nozzle-type and an electron recombination-type atomic beam generator were constructed and both them successfully extracted an atomic beam. However, it was found that further improvement is needed for the application to superheavy elements.

研究分野：核化学・放射化学

キーワード：超重元素 超重元素ビーム シングルアトム 相対論効果 表面電離 イオン化エネルギー 迅速ガス クロマトグラフ 吸着エンタルピー

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

加速器で人工的に合成される原子番号 100 を超える超重元素は、合成される量が極めて少なくシングルアトムスケールでしか扱うことができないため、化学的性質に関する情報は極めて少ない。申請者らは、これまでに日本原子力研究開発機構(原子力機構)のタンデム加速器施設を用いて、我が国では初めてとなる超重元素、104 番元素ラザホージウム(Rf)や 105 番元素ドブニウム(Db)の合成に成功した。また、水溶液中での超重元素の特異的な性質や、新しい化学分析手法の開発などで世界を先導する成果を挙げてきた。その後、核反応で合成される超重元素を、表面電離過程を通してイオンビームとして取り出す技術開発を進め、103 番元素ローレンシウム(Lr)の第一イオン化エネルギーの決定に成功した。通常イオン化エネルギーの測定には、レーザー共鳴イオン化法などを用いるが、そのためには 10^{12} 個程度の原子数の試料を必要とする。しかし申請者らは、一回の核反応では数個の原子(シングルアトムスケール)しか合成できないながらも、数日の実験期間で数千個の原子をつくりだせば測定可能となる手法を確立した。超重元素の化学的研究に超重元素ビーム(量子ビーム)を利用するという新たな研究手法が開始されつつある状況であった。

2. 研究の目的

超重元素の化学的研究に、量子(原子、分子、イオン)ビームの手法を導入して新たな研究の展開を図ることを、また、それを用いた重い極限領域の元素の化学、「極限の化学」という新しい研究領域を開拓することを目的とした。本申請では、これまでに開発した超重元素イオンビーム生成技術をもとに、超重元素を低速原子ビームとして取り出す新たな技術開発を行い、超重原子の原子線分光手法の基礎技術への応用を目指した。さらに超重元素イオンビーム生成技術の高度化を進め、重アクチノイド元素のイオン化エネルギーや金属表面への吸着性などを調べる、超重原子の価電子構造がどのように化学的性質に発現するのかを明らかにすることを目指した。一方、超重元素の揮発性分子の分離とその熱化学的特性を調べるために、迅速化学分離装置の開発を行った。

3. 研究の方法

(1) 超重原子の原子線分光に向けた低速超重原子ビーム取り出し技術の開発：高温ノズル型と電子再結合型 2 つのタイプの原子ビーム取り出し法の開発を行った。高温ノズル法は、核反応で生成した超重元素をエアロゾルに吸着させ、ガスジェット気流で高温ノズルへと搬送し、ノズル表面でエアロゾルから分離して中性の原子として引き出す方法である。一方、電子再結合法は、電子雲中に減速したイオンビームを通過させ、電子との再結合によりイオンを中性化する方法である。両手法ともに中性化効率の向上や中性原子ビームの効率的な取り出し技術の開発が必要となる。装置の設計・製作ならびに装置の効率向上に向けた技術開発を行った。

(2) イオンビーム生成技術の高度化とイオン化エネルギー測定：表面電離イオン化法では、高温の金属表面で原子をイオン化する。本研究では、従来イオン源のフィラメント構造を改良し、高温での安定動作を可能にした。これを用いて核反応で合成される重アクチノイド元素フェルミウム(Fm)、メンデレビウム(Md)、ノーベリウム(No)及びローレンシウム(Lr)のイオン化エネルギー測定を行った。さらに今後より高いイオン化エネルギーが予想される原子番号 103 を超える超アクチノイド元素のイオン化エネルギー測定を行うため、新たに電子衝撃型プラズマイオン源の設計、製作を行った。

(3) 超重原子の金属表面への吸着：これまでの表面電離イオン化法を用いた Lr の第一イオン化エネルギー測定から、Lr 原子の基底状態の電子配置は周期表から予想される $[Rn]5f^{14}7s^26d$ ではなく、 $[Rn]5f^{14}7s^27p$ 構造を示唆した。本研究では、Lr 原子の Ta 金属表面への吸着を調べることで、価電子と金属表面との相互作用を考察した。Lr は揮発性の低い(耐熱性)元素で、使用する ^{256}Lr 同位体の半減期が 27 秒と短い。このため、新規に表面電離イオン化法と真空クロマトグラフ法を組み合わせた実験手法を開発した。これは表面電離に用いた金属製イオン源(円筒型キャビティ)を真空クロマトグラフ装置としても使用するアイデアである。高温金属表面では、表面電離すなわちイオン化は Saha-Langmuir (S-L) 式に従うが、低温になるにつれて、金属表面への吸着が起こり、イオン化効率が低下してくる。この考えに基づき、 ^{249}Cf (^{11}B , 4n) ^{256}Lr 反応で生成する ^{256}Lr 同位体のイオン化効率を温度の関数として測定することで、Lr の金属表面への吸着を評価し、その熱化学データ(吸着エンタルピー)を取得した。

(4) 超重元素化合物の生成と分離及びその熱化学的特性：超重元素分子ビーム生成の利用を目指して、105 番元素ドブニウム(Db)の揮発性オキシ塩化物の生成と分離を新たに開発した迅速ガスクロマトグラフ装置を用いて行った。 ^{248}Cm (^{19}F , 5n) ^{262}Db 反応で生成する ^{262}Db (半減期 34 秒)を取り出し塩素化剤を加えてオキシ塩化物を合成し、そのクロマトグラフ挙動を、石英製カラム

を用いて調べた。

4. 研究成果

(1) 超重原子の原子線分光に向けた低速超重原子ビーム取り出し技術の開発：高温ノズル型原子ビーム生成装置の設計・製作を行った。これは短寿命の核反応生成物を標的位置からエアロゾルに吸着させてジェット気流で迅速に搬送する手法と結合した装置である。核反応生成物は高温のキャッチャー(円筒形ノズル)表面でエアロゾルから分離され中性の原子状態となる。その後熱拡散でノズル出口から放出される。製作した円筒形ノズルが 2800K までの高温状態で安定に動作することを確認するとともに、実際の実験で使用するヨウ化カドミウム (CdI) エアロゾル中の Cd 原子の取り出し試験を行った。ノズルからの取り出し効率、原子ビームの放出角度分布などを測定した。一方、高温ノズル内での原子の挙動を、モルフローコードを用いてシミュレーション計算を行い、実験値との比較を行った。並行して核反応生成物を効率的に原子ビーム装置へと導入するため、アエロダイナミックレンズ装置の開発を行った。これまでに原子ビームの生成を確認したが、原子ビーム生成や引き出し効率が小さく超重元素への適応にはさらなる改良が必要であることが分かった。今後の改良点としては、核反応生成物をいったん同位体分離器でイオンビームとして取り出し、これを高温の金属キャッチャーに捕集し、熱拡散により超重原子を引き出す方法が考えられる。

上記装置の開発と並行して電子再結合型原子ビーム生成装置の製作を行った。これは表面電離法で生成したイオンビームを電子雲で満たされた電子集束電極内(中性化器)を通過させることでイオンと電子を再結合させて中性の原子ビームを取り出す装置である。図1に装置の概略図と写真を示す。本装置でも中性化効率が現時点では約0.1%と見積もられており、シングルアトムスケールで生成する超重元素の原子線分光実験への適用は困難である。中性化器内での電子の空間分布によるイオンビームの偏向やイオンビームの低速化に伴う中性化効率の低下などが問題点としてあり、これらを解決していく必要がある。

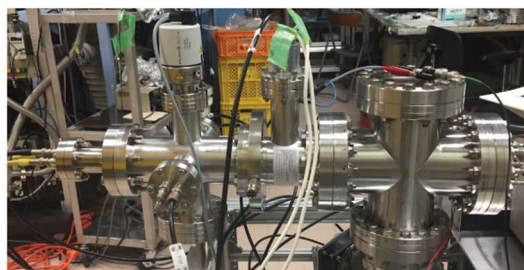
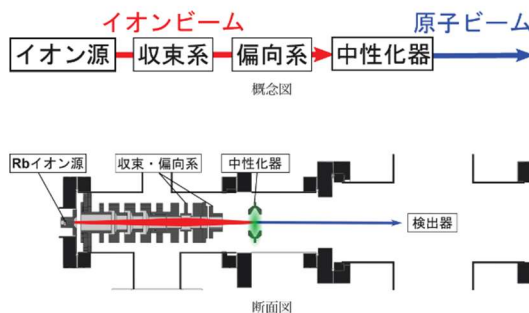


図1 電子再結合型原子ビーム生成装置の概要。イオン源でイオンビームを生成し、ビームを収束させて中性化器へと導入する。ここで中性化された原子をビームとして取り出す[1]。

(2) イオンビーム生成技術の高度化とイオン化エネルギー測定：表面電離イオン源の高度化を達成し、Fm、Md、No及びLrのイオン化エネルギーの測定に成功した。重アクチノイド及び重ランタノイド元素の第一イオン化エネルギーを図2に示す。赤塗りで示したのが本研究成果である。重アクチノイド元素のイオン化エネルギーは5f電子を充填しながら徐々に増加していき、Noで最大値を示しLrで大きく低下する。これは4f電子を充填しながらイオン化エネルギーが増加し、イッテリビウム(Yb)で最大値を示してルテチウム(Lu)で大きく低下するという重ランタノイド元素での傾向とよく一致している。このことはNoで5f電子が満たされて[Rn]5f¹⁴7s²という閉殻構造を取り、Lrではその閉殻構造の外にゆるく結合した電子1個が付加された構造を取っていることがわかる。このことからアクチノイド系列はランタノイド系列と同様に、Lrで終了することを実証した。これは、アメリカ化学会誌 J. Am. Chem. Soc. (Communication) 2018, 149, 14609-14613に掲載された。ここで開発したイオン源は、国際協力を進めているドイツ・マインツ大学の研究用原子炉に付設されたオンライン同位体分離器に導入され、短寿命同位体の研究に供されている。これらの成果を含めて、分担研究者の佐藤哲也が、「第一イオン化エネルギー測定によるアクチノイド系列の確立ならびに超重元素領域における核化学研究の開拓」として2019年日本放射化学学会賞を、ならびに「単一原子を対象とした重アクチノイド原子構造研究」として「令和3年度科学技術分野の文部科学大臣表彰」科学技術賞(研究部門)を受賞した。

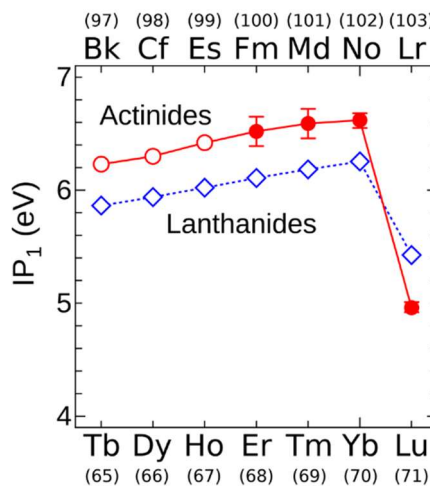


図2 重アクチノイド元素(赤印)ならびに重ランタノイド元素(青印)の第一イオン化エネルギー。赤塗り印は本研究で得られたデータ[2]。

2019年度からは原子番号103を超える超アクチノイド元素のイオン化を目指して、新たに電子衝撃型イオン源の製作を行い、イオン化の試験を開始した。今後は性能試験を行い超アクチノイド元素のイオン化や分子イオン化などに挑戦し、イオン化エネルギーや化合物形成及びその解離エネルギー測定などへ展開していく予定である。

(3) 超重原子の金属表面への吸着：Lr原子のTa金属表面への吸着挙動を調べた。イオン化エネルギー測定から推測したLrの電子配置が[Rn]5f¹⁴7s²7p構造であれば、典型元素のように揮発性が高いこと、すなわち低い吸着エンタルピーが期待できる。一方、遷移金属元素のように[Rn]5f¹⁴7s²6d構造では高い吸着エンタルピーが予想される。ガスジェット搬送装置と結合した表面電離イオン源(円筒型キャビティ)を表面電離と真空クロマトグラフの重ね合わせ装置として使用し、イオン化効率と吸着の割合をキャビティ温度の関数として測定した。その結果Lrの吸着挙動はランタノイド元素Lu([Xe]4f¹⁴6s²5d構造)の挙動と良く似ていることが分かった。つまりLrは孤立系の原子としては7p電子の価電子構造を取るが、金属表面との吸着には6d電子が大きく関与しているかもしれないという興味深い結果が得られた。理論研究者と協議し、相対論効果を考慮した電子構造をもとに吸着エンタルピーならびにMulliken分布解析を行ったところ、吸着には7sや6d電子が主に関与するという結果が得られた。これは価電子のエネルギー準位が密な状態で吸着に寄与する電子分布の広がりや影響していると考えられる。また、キャビティ内での原子の挙動を表面電離と真空クロマトグラフの重ね合わせとして、モンテカルロシミュレーションのコード開発を行った。実験データに基づきシミュレーションを行ったところ、理論計算値とよく一致していた。シングルアトムレベルでのLrの熱化学データの取得に成功した。この成果は現在論文として投稿準備中である。

(4) 超重元素化合物の生成と分離及びその熱化学的特性：Dbの揮発性化合物の合成に成功した。周期表同族元素ニオブ(Nb)及びタンタル(Ta)化合物のクロマトグラフ挙動と比較し、Dbの揮発性化学種をDbOCl₃と決定した(図3)。さらにクロマトグラフに使用した石英表面との吸脱着反応を考慮したモンテカルロシミュレーションから、この化合物の吸着エンタルピー(-ΔH_{ads})を136 kJ/molと見積もった。周期表同族元素間での揮発性はNbOCl₃ > TaOCl₃ ≥ DbOCl₃となり、周期表から予測される傾向とは異なっていた。これはDbに関して化学結合における相対論効果の影響で共有結合性が強くなるため、Taと同程度の揮発性になることが理論計算をもとに示唆された。この成果はドイツ化学会誌*Angew. Chem. Int. Ed. (Communication)*に掲載が決まっている。今後は本研究で製作した迅速ガスクロマトグラフ装置の化学収率の向上を進め、106番元素シーボーギウム(Sg)の単一原子化学へ展開していく予定である。

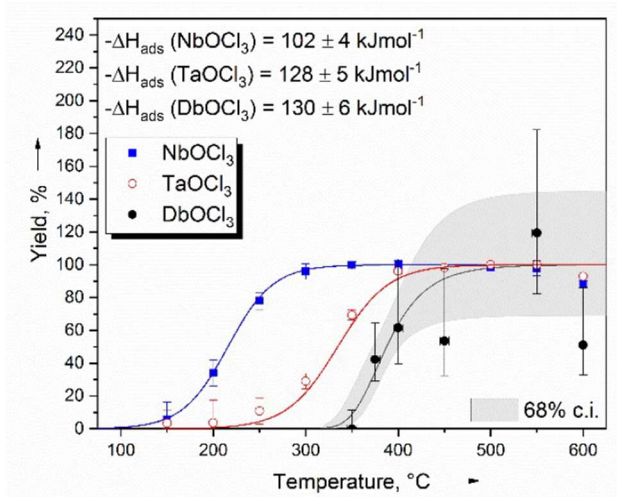


図3 Db, Nb及びTaのオキシ塩化物のガスクロマトグラフ挙動。実線はモンテカルロシミュレーション計算に基づく結果で、それぞれの化合物の吸着エンタルピー(-ΔH_{ads})が得られる[3]。

<引用文献>

- [1] 鈴木颯人、超重元素原子線分光に向けた電子再結合法による原子ビーム生成法の開発、茨城大学大学院理工学研究科量子線科学専攻修士論文、2021年
- [2] T. K. Sato et al., First Ionization Potentials of Fm, Md, No, and Lr: Verification of Filling-Up of 5f Electrons and Confirmation of the Actinide Series, *J. Am. Chem. Soc.* **2018**, 149, 14609-14613. DOI: 10.1021/jacs.8b09068
- [3] N. M. Chiera et al., Chemical Characterization of a Volatile Dubnium Compound, DbOCl₃, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2021**, in press. DOI: 10.1002/anie.202102808

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19件／うち国際共著 16件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 J. Grund, M. Asai, K. Blaum, M. Block, S. Chenmarev, Ch. E. Duellmann, K. Eberhardt, S. Lohse, Y. Nagame, Sz. Nagy, P. Naubereit, J. J. W. van de Laar, F. Schneider, T. K. Sato, N. Sato. D. Simonovski, K. Tsukada, and K. Wendt	4. 巻 972
2. 論文標題 First online operation of TRIGA-TRAP	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nucl. Instrum. Methods in Phys. Res. A	6. 最初と最後の頁 164013-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2020.164013	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 M. Goetz, S. Goetz, J. V. Kratz, J. Ballof, Ch. E. Duellmann, K. Eberhardt, C. Mokry, D. Renisch, J. Runke, T. K. Sato, P. Thoerle-Pospiech, N. Trautmann, and A. Yakushev	4. 巻 109
2. 論文標題 Gas phase synthesis of 4d transition metal carbonyl complexes with thermalized fission fragments in single-atom reactions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Radiochim. Acta	6. 最初と最後の頁 153-165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/ract-2020-0052	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 H. Haba, F. Fan, D. Kaji, Y. Kasamatsu, H. Kikunaga, Y. Komori, N. Kondo, H. Kudo, K. Morimoto, K. Morita, M. Murakami, K. Nishio, J. P. Omtvedt, K. Ooe, Z. Qin, D. Sato, N. Sato, T. K. Sato 他	4. 巻 102
2. 論文標題 Production of ^{266}Bh in the $^{248}\text{Cm}(^{23}\text{Na}, ^5\text{n})^{266}\text{Bh}$ reaction and its decay properties	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. C	6. 最初と最後の頁 024625-1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.102.024625	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 E. Dupont, A. Astier, C. M. Petrache, B.F. Lv, I. Deloncle, J. Kiener, R. Orlandi, H. Makii, K. Nishio, K. Hirose, M. Asai, T. K. Sato, K. Tsukada, Y. Ito, K. R. Kean, R. Yanagihara, G. Scamps	4. 巻 101
2. 論文標題 New excited $2+$ and $3-$ two-proton states in $^{21084}\text{Po}_{126}$ populated by two-proton transfer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. C	6. 最初と最後の頁 014309-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.101.014309	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 M. J. Vermeulen, K. Nishio, K. Hirose, K. R. Kean, H. Makii, R. Orlandi, K. Tsukada, I. Tsekhanovich, A. N. Andreyev, S. Ishizaki, M. Okubayashi, S. Tanaka, and Y. Aritomo	4. 巻 102
2. 論文標題 Measurement of fission-fragment mass distributions in the multinucleon transfer channels of the $180 + 237\text{Np}$ reaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. C	6. 最初と最後の頁 054610-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.102.054610	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 N. M. Chiera, T. K. Sato, T. Tomitsuka, M. Asai, Y. Ito, K. Shirai, H. Suzuki, K. Tokoi, A. Toyoshima, K. Tsukada, and Y. Nagame	4. 巻 320
2. 論文標題 Optimization of an isothermal gas-chromatographic setup for the chemical exploration of dubnium (Db, $Z = 105$) oxychlorides	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Radioanal. Nucl. Chem. 320, 633-642 (2019)	6. 最初と最後の頁 633-642
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-019-06505-w	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 L. Ghys, A. N. Andreyev, M. Huyse, P. Van Duppen, S. Antalic, A. Barzakh, L. Capponi, T. E. Cocolios, J. Cubiss, X. Derkx, H. De Witte, J. Elseviers, F. P. Hessberger, Z. Kalaninova, U. Koester, J. F. W. Lane, V. Liberati, S. Mitsuoka, Y. Nagame, et al.	4. 巻 100
2. 論文標題 -decay properties of $200, 202\text{Fr}$	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. C	6. 最初と最後の頁 054310-1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.100.054310	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 Y. Nagame	4. 巻 107
2. 論文標題 Nuclear and chemical characterization of heavy actinides	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiochim. Acta	6. 最初と最後の頁 803-819
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/ract-2019-3133	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. Shimogouchi, H. Naganawa, T. Nagano, B. Grambow, and Y. Nagame	4. 巻 35
2. 論文標題 Size distribution of droplets in two liquid-phase mixture compared between liquid spraying and mechanical stirring	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Anal. Sci.	6. 最初と最後の頁 955-960
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.18P508	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 該当する

1. 著者名 M. Schaedel and Y. Nagame	4. 巻 107
2. 論文標題 From SRAFAP to ARCA and AIDA- developments and implementation of automated aqueous-phase rapid chemistry apparatuses for heavy actinides and transactinides	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiochim. Acta	6. 最初と最後の頁 561-585
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/ract-2019-3103	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 N. M. Chiera, T. K. Sato, T. Tomitsuka, M. Asai, H. Suzuki, K. Tokoi, A. Toyoshima, K. Tsukada, and Y. Nagame	4. 巻 486
2. 論文標題 Formation and thermochemical properties of oxychlorides of niobium (Nb) and tantalum (Ta): Towards the gas-phase investigation of dubnium (Db) oxychloride	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inorg. Chim. Acta	6. 最初と最後の頁 361-366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ica.2018.10.032	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 L. Lens, A. Yakushev, Ch. E. Duellmann, M. Asai, J. Ballof, M. Block, H. M. David, J. Despotopoulos, A. Di Nitto, K. Eberhardt, J. Even, Y. Nagame 他	4. 巻 106
2. 論文標題 Online chemical adsorption studies of Hg, Tl, and Pb on SiO ₂ and Au surfaces in preparation for chemical investigations on Cn, Nh, and Fl at TASCA	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Radiochim. Acta	6. 最初と最後の頁 949-962
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/ract-2017-2914	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 T. K. Sato, M. Asai, A. Borschevsky, R. Beerwerth, Y. Kaneya, H. Makii, A. Mitsukai, Y. Nagame 他	4. 巻 140
2. 論文標題 First ionization potentials of Fm, Md, No, and Lr: Verification of filling-up of 5f electrons and confirmation of the actinide series	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc.	6. 最初と最後の頁 14609-14613
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b09068	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 該当する

1. 著者名 A. Toyoshima, A. Mitsukai, K. Tsukada, K. Ooe, H. Haba, Y. Komori, M. Murakami, Y. Kaneya, D. Sato, M. Asai, T. K. Sato, and Y. Nagame	4. 巻 317
2. 論文標題 Extraction behavior of Mo and W from H ₂ SO ₄ and HF/HCl solutions into toluene with Aliquat336: Sulfate and fluoride complex formation of Mo and W towards chemical studies of seaborgium (Sg)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Radioanal. Nucl. Chem.	6. 最初と最後の頁 421-430
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-018-5882-5	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. K. Sato, M. Asai, A. Borschevsky, T. Stora, N. Sato, Y. Kaneya, K. Tsukada, Ch. E. Duellmann, K. Eberhardt, E. Eliav, S. Ichikawa, U. Kaldor, J. V. Kratz, S. Miyashita, Y. Nagame, K. Ooe, A. Osa, D. Renish, J. Runke, M. Schaedel, P. Thoerle-Pospiech, A. Toyoshima, and N. Trautmann	4. 巻 131
2. 論文標題 First ionization potential of the heaviest actinide lawrencium, element 103	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Eur. Phys. J Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 05001-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/2016131105001	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 該当する

1. 著者名 R. Eichler, M. Asai, H. Brand, N. M. Chiera, A. Di Nitto, R. Dressler, Ch. E. Duellmann, J. Even, F. Fangli, M. Goetz, H. Haba, W. Hartmann, E. Jaeger, D. Kaji, J. Kanaya, Y. Kaneya, J. Khuyabaatar, B. Kindler, Y. Komori, B. Kraus, J. V. Kratz, Y. Nagame et al.	4. 巻 131
2. 論文標題 Complex chemistry with complex compounds	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Eur. Phys. J Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 07005-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/2016131107005	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 該当する

1. 著者名 Y. Nagame, J. V. Kratz, and M. Schaedel	4. 巻 131
2. 論文標題 Chemical properties of rutherfordium (Rf) and dubnium (Db) in the aqueous phase	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Eur. Phys. J Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 07007-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/2016131107007	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 該当する

1. 著者名 V. L. Truesdale, A. N. Andreyev, L. Ghys, M. Huyse, P. van Duppen, S. Sels, B. Andel, S. Antalic, A. Barzakh, L. Capponi, T. E. Cocolios, X. Derkx, H. De Witte, J. Elseviers, D. V. Fedorov, V. N. Fedosseev, F. P. He s sberger, Z. Kalaninova, U. Koester, J. F. W. Lane, V. Liberati, K. M. Lynch, Y. Nagame, et al.	4. 巻 94
2. 論文標題 Beta-delayed fission and decay of 196At	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Phys Rev. C	6. 最初と最後の頁 034308-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.94.034308	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 N. M. Chiera, T. K. Sato, R. Eichler, T. Tomitsuka, M. Asai, S. Adachi, R. Dressler, K. Hirose, H. Inoue, Y. Ito, A. Kashiara, H. Makii, K. Nishio, M. Sakama, K. Shirai, H. Suzuki, K. Tokoi, K. Tsukada, E. Watanabe, Y. Nagame	4. 巻 -
2. 論文標題 3.Chemical characterization of a volatile dubnium compound, DbOC13	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed.	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) 10.1002/anie.202102808	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

〔学会発表〕 計57件 (うち招待講演 21件 / うち国際学会 36件)

1. 発表者名 Y. Nagame
2. 発表標題 First ionization potentials of heavy actinides - based on an atom-at-a-time scale
3. 学会等名 10th International Conference on Isotopes (10ICI) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Nagame
2. 発表標題 Chemical studies of the heaviest elements at JAEA
3. 学会等名 XXI Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Nagame
2. 発表標題 Chemical characterization of the heaviest elements
3. 学会等名 2nd International Conference on Radioanalytical and Nuclear Chemistry (RANC-2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Goetz, Ch.E. Duemlmann, A. Yakushev, M. Asai, J. Ballof, A. Di Nitto, K. Eberhardt, H. Haba, Y. Kaneya, Y. Komori, J.-V. Kratz, J. Krier, B. Lommel, A. Mitsukai, Y. Nagame, et al.
2. 発表標題 In-situ synthesis of volatile transition metal carbonyl complexws with short-lived radioisotopes
3. 学会等名 6th International Conference on the Chemistry and Physics of the Transactinide Elements (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 L. Lens, A. Yakushev, Ch.E. Duemlmann, M. Asai, M. Block, H. Brand, A. Di Nitto, L. Harkness-Brennan, R.-D. Herzberg, D. Hinde, J. Khuyagbaatar, J.V. Kratz, J. Krier, N. Kurz, M. Laatiaoui, S. Lahiri, B. Lommel, Y. Nagame, et al.
2. 発表標題 Optimizations of the TASCA-COMPACT setup towards chemical studies of nihonium (element 113)
3. 学会等名 6th International Conference on the Chemistry and Physics of the Transactinide Elements (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 N. M. Chiera, T. K. Sato, T. Tomitsuka, M. Asai, Y. Ito, K. Shirai, H. Suzuki, K. Tokoi, A. Toyoshima, K. Tsukada, and Y. Nagame
2 . 発表標題 Establishment of the volatility trend in Group-5 elements via gas-chromatographic experiments with Nb-, Ta-, and Db-oxychlorides
3 . 学会等名 6th International Conference on the Chemistry and Physics of the Transactinide Elements (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. K. Sato, M. Asai, Y. Kaneya, A. Toyoshima, Y. Ito, K. Tsukada, K. Tokoi, T. Tomohiro, H. Suzuki, H. Makii, A. Osa, Y. Nagame, et al.
2 . 発表標題 Atomic and chemical properties of Lawrencium (Lr, Z = 103) and an outlook to the transactinides
3 . 学会等名 6th International Conference on the Chemistry and Physics of the Transactinide Elements (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 A. Yakushev, L. Lens, Ch.E. Duellmann, M. Asai, M. Block, H. Brand, H. M. David, J. Despotopoulos, M. Maiti, A. Mistry, Ch. Mokry, K. Moody, Y. Nagame, et al.
2 . 発表標題 Chemical studies of superheavy elements at a recoil separator, with a focus on Fl
3 . 学会等名 6th International Conference on the Chemistry and Physics of the Transactinide Elements (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. K. Sato
2 . 発表標題 Atomic and chemical properties of the heaviest actinide element, lawrencium (Lr, Z = 103)
3 . 学会等名 XXI Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤哲也
2. 発表標題 周期表が書き換わる？ ～アクチノイド最後の元素でみつけた周期表のほころび～
3. 学会等名 日本放射化学会第63回討論会（2019）（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富塚知博、佐藤哲也、伊藤由太、床井健運、鈴木颯人、浅井雅人、塚田和明、後藤真一、永目諭一郎
2. 発表標題 超重元素原子ビーム生成に向けた高温ノズル型低速原子ビーム源の開発
3. 学会等名 日本放射化学会第63回討論会（2019）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木颯人、伊藤由太、佐藤哲也、富塚知博、床井健運、塚田和明、浅井雅人、永目諭一郎
2. 発表標題 超重元素原子線分光に向けた電子再結合型原子ビーム源の開発
3. 学会等名 日本放射化学会第63回討論会（2019）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 床井健運、佐藤哲也、浅井雅人、伊藤由太、鈴木颯人、富塚知博、塚田和明、永目諭一郎
2. 発表標題 アクチノイドの高温金属表面における吸着エンタルピー測定に向けた真空脱離装置の開発
3. 学会等名 日本放射化学会第63回討論会（2019）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 床井健運、佐藤哲也、菊池 圭、浅井雅人、伊藤由太、鈴木颯人、塚田和明、永目諭一郎
2. 発表標題 ランタノイドの高温金属表面における吸着エンタルピー測定
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 (2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤哲也、Chiera Nadine M.、富塚知博、床井健運、鈴木颯人、伊藤由太、浅井雅人、白井香里、井上浩樹、安達サディア、柏原歩那、牧井宏之、廣瀬健太郎、西尾勝久、永目諭一郎、渡邊瑛介、阪間 稔、後藤真一、塚田和明
2. 発表標題 105 番元素ドブニウムオキシ塩化物のオンライン等温ガスクロマトグラフ挙動
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 (2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuya K. Sato, Masato Asai, Kazuaki Tsukada, Yusuke Kaneya, Tomohiro Tomitsuka, Atsushi Toyoshima, Akina Mitsukai, Akihiko Osa, Hiroyuki Makii, Kentaro Hirose, Katsuhisa Nishio, Yuichiro Nagame 他
2. 発表標題 Chemical properties of lawrencium (Lr, Z = 103): Adsorption behavior on a tantalum surface
3. 学会等名 18th Radiochemical Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 A. Yakushev, L. Lens, Ch.E. Duellmann, M. Asai, M. Block, H. Brand, H.M. David, J. Despotopoulos, A. Di Nitto, K. Eberhardt, U. Forsberg, P. Golubev, M. Goetz, S. Goetz, Y. Nagame 他
2. 発表標題 Superheavy Element Chemistry at the gas-filled separator TASCA
3. 学会等名 18th Radiochemical Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Tomitsuka, K. Tokoi, T. K. Sato, M. Asai, N. M. Chiera, S. Goto, A. Osa, A. Toyoshima, K. Tsukada, and Y. Nagame
2. 発表標題 Development of an atomic beam apparatus for chemistry of the heaviest elements
3. 学会等名 18th Radiochemical Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Nagame
2. 発表標題 Determination of the first ionization potentials of heavy actinides based on an atom-at-a-time scale
3. 学会等名 4th International Conference on Physics (Physics 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Nagame
2. 発表標題 Liquid-phase chemistry of superheavy elements
3. 学会等名 The 4th International Conference on Application of Radiotracers and Energetic Beams in Sciences (ARCEBS-18) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Nagame
2. 発表標題 Chemical characterization of the heaviest elements
3. 学会等名 The 4th International Conference on Application of Radiotracers and Energetic Beams in Sciences (ARCEBS-18) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. K. Sato
2. 発表標題 Nuclear Structure 2018
3. 学会等名 Measurements of the first ionization potentials of heavy actinides, Fm (Z = 100), Md (Z = 101), No (Z = 102), and Lr (Z = 103) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. K. Sato
2. 発表標題 The first ionization potentials of heavy actinides, Fm (Z = 100), Md (Z = 101), No (Z = 102), and Lr (Z = 103)
3. 学会等名 IX International Symposium on Exotic Nuclei (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. K. Sato
2. 発表標題 Atomic/chemical properties of the heaviest actinide element lawrencium
3. 学会等名 The 4th International Conference on Application of Radiotracers and Energetic Beams in Sciences (ARCEBS-18) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅井雅人, 塚田和明, 廣瀬健太郎, 豊嶋厚史, 富塚知博, Nadine M. Chiera, 伊藤由太, 牧井宏之, 永目諭一郎 他
2. 発表標題 254Es標的を用いて生成する中性子過剰Fm領域核の自発核分裂の測定
3. 学会等名 2018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	富塚知博, 床井健運, 佐藤哲也, 伊藤由太, 鈴木颯人, 浅井雅人, 塚田和明, 豊嶋厚史, Nadine M. Chiera, 後藤真一, 永目諭一郎
2. 発表標題	超重元素を対象とした低速原子ビーム源の開発
3. 学会等名	2018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	床井健運, 佐藤哲也, Robert Eichler, 伊藤由太, 富塚知博, 鈴木颯人, 浅井雅人, 塚田和明, 豊嶋厚史, Nadine M. Chiera, 永目諭一郎
2. 発表標題	表面電離イオン源内における短寿命同位体の吸着脱離挙動の解析に向けたモンテカルロシミュレーション開発
3. 学会等名	2018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	鈴木颯人, 伊藤由太, 佐藤哲也, 富塚知博, 床井健運, 浅井雅人, 塚田和明, 永目諭一郎
2. 発表標題	電子プラズマを用いた再結合型低速原子ビーム源の開発
3. 学会等名	2018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	伊藤由太, 鈴木颯人, 浅井雅, 永目諭一郎, 西尾勝久, 佐藤哲也, 床井健運, 富塚知博, 塚田和明
2. 発表標題	超重核原子線分光のための再結合型低速原子ビーム源の開発
3. 学会等名	日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年	2019年

1. 発表者名 浅井雅人, 塚田和明, 廣瀬健太郎, 豊嶋厚史, 富塚知博, Nadine M. Chiera, 伊藤由太, 牧井宏之, 永目諭一郎 他
2. 発表標題 254Es標的を用いた中性子過剰Fm同位体の自発核分裂測定
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 床井健運, 佐藤哲也, Eichler Robert, 伊藤由太, 富塚知博, 鈴木颯人, 浅井雅人, 塚田和明, 永目諭一郎
2. 発表標題 表面電離イオン源内における短寿命核種の吸着脱離挙動の解析に向けたモンテカルロシミュレーション開発
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木颯人, 伊藤由太, 佐藤哲也, 富塚知博, 床井健運, 浅井雅人, 塚田和明, 永目諭一郎
2. 発表標題 電子プラズマを用いた再結合型低速中性原子ビーム源の開発
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富塚知博, 床井健運, 佐藤哲也, 伊藤由太, 鈴木颯人, 浅井雅人, 塚田和明, 豊嶋厚史, Chiera Nadine M., 後藤真一, 永目諭一郎
2. 発表標題 超重元素の価電子構造決定に向けた低速原子ビーム取り出し技術の開発
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤哲也, Chiera Nadine M., 富塚知博, 床井健運, 鈴木颯人, 伊藤由太, 浅井雅人, 塚田和明, 白井香里, 井上浩樹, 安達サディア, 柏原歩那, 永目諭一郎, 後藤真一, 末木啓介
2. 発表標題 5族元素オキシ塩化物のオンライン等温ガスクロマトグラフ挙動
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T.K. Sato
2. 発表標題 First ionization potentials of heavy actinides
3. 学会等名 Actinides 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Kaneya, T. Tomitsuka, T.K. Sato, M. Asai, K. Tsukada, A. Toyoshima, A. Mitsukai, H. Makii, K. Hirose, A. Osa, K. Nishio, Y. Nagame 他
2. 発表標題 Adsorption of lowrencium (Lr) on a metallic tantalum (Ta) surface
3. 学会等名 Actinides 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T.K. Sato
2. 発表標題 Ionization potential measurements of the heaviest actinides
3. 学会等名 254th American Chemical Society National Meeting, Division of Nuclear Chemistry & Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Nagame
2. 発表標題 Redox studies of the heaviest actinides
3. 学会等名 254th American Chemical Society National Meeting, Division of Nuclear Chemistry & Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 富塚知博、床井建運、佐藤哲也、浅井雅人、塚田和明、豊嶋厚史、Nadine M. Chiera、鎌田裕生、永目諭一郎、後藤真一
2. 発表標題 103番元素ローレンシウムの価電子構造決定に向けた低速原子ビーム取り出し技術の開発
3. 学会等名 2017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 Y. Nagame
2. 発表標題 First ionization potentials of the heaviest elements
3. 学会等名 3rd Symposium on Superheavy Elements (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T.K. Sato
2. 発表標題 Adsorption behavior of lawrencium on tantalum
3. 学会等名 3rd Symposium on Superheavy Elements (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Y. Nagame
2 . 発表標題 Chemistry of the heaviest elements
3 . 学会等名 6th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Y. Nagame, T.K. Sato, M. Asai, Y. Kaneya, H. Makii, A. Mitsukai, A. Osa, M. Schaedel, A. Toyoshima, K. Tsukada, 他
2 . 発表標題 First ionization energies of heavy actinides
3 . 学会等名 6th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 T. Tomitsuka, Y. Kaneya, T.K. Sato, M. Asai, K. Tsukada, A. Toyoshima, A. Mitsukai, H. Makii, K. Hirose, A. Osa, K. Nishio, Y. Nagame 他
2 . 発表標題 Adsorption of lawrencium (Z = 103) on a tantalum surface
3 . 学会等名 6th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Y. Nagame
2 . 発表標題 Recent achievements and future challenges in the heaviest element chemistry
3 . 学会等名 9th Workshop on Chemistry of the Heaviest Elements (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 T.K. Sato, M. Asai, Y. Kaneya, K. Tsukada, A. Toyoshima, A. Mitsukai, S. Takeda, A. Vascon, M. Sakama, D. Sato, K. Ooe, S. Miyashita, Y. Shigekawa, A. Borschevsky, H. Makii, A. Osa, S. Ichikawa, Y. Nagame 他
2. 発表標題 Measurements of the first ionization potentials of heavy actinides
3. 学会等名 9th Workshop on Chemistry of the Heaviest Elements (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Kaneya, M. Asai, T.K. Sato, T. Tomitsuka, K. Tsukada, A. Toyoshima, A. Mitsukai, H. Makii, K. Hirose, A. Osa, K. Nishio, Y. Nagame 他
2. 発表標題 Adsorption of lawrencium on a metallic tantalum surface at high temperature
3. 学会等名 9th Workshop on Chemistry of the Heaviest Elements (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Nagame
2. 発表標題 First ionization potentials of the heaviest elements
3. 学会等名 International Conference on Shapes and Symmetries in Nuclei: from Experiment to Theory (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Nagame
2. 発表標題 Chemical properties of Rf and Db in the aqueous phase
3. 学会等名 Nobel symposium NS 160 "Chemistry and Physics of Heavy and Superheavy Elements" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Y. Nagame
2. 発表標題 Chemistry of superheavy elements
3. 学会等名 The 71st Fujiwara seminar - Shimoda 2016 - International Symposium on Interplay between Hadronic, Nuclear and Atomic Physics (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Y. Nagame
2. 発表標題 Chemistry of the heaviest actinides and early transactinides - Experimental achievements and perspectives
3. 学会等名 9th International Conference on Nuclear and Radiochemistry (NRC9) (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 P. Steinegger, M. Asai, R. Dressler, R. Eichler, Y. Kaneya, A. Mitsukai, Y. Nagame, D. Piguet, T. K. Sato, M. Schaedel, S. Takeda, A. Toyoshima, K. Tsukada, A. Tuerler and A. Vascon
2. 発表標題 First on-line vacuum chromatography experiments with single atoms of Tl on SiO ₂ and E113
3. 学会等名 9th International Conference on Nuclear and Radiochemistry (NRC9) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Y. Kaneya, M. Asai, Ch. E. Duellmann, K. Eberhardt, R. Eichler, S. Goto, J. Grund, K. Hirose, H. Kamada, Y. Kasamatsu, J. V. Kratz, H. Makii, A. Mitsukai, S. Miyashita, Y. Nagame, et al.
2. 発表標題 Adsorption behavior of Lr on a Ta surface at high temperature
3. 学会等名 9th International Conference on Nuclear and Radiochemistry (NRC9) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 金谷佑亮、佐藤哲也、浅井雅人、塚田和明、豊嶋厚史、水飼秋菜、永目諭一郎、Ch.E. Duellmann, K. Eberhardt, J. Grund, J.V. Kratz, et al.
2. 発表標題 103番元素ローレンシウム (Lr)のタンタル金属表面における吸着挙動
3. 学会等名 2016日本放射化学会年会・第60回放射化学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤哲也、浅井雅人、金谷佑亮、塚田和明、豊嶋厚史、水飼秋菜、武田晋作、阪間稔、佐藤大輔、大江一弘、重川優大、牧井宏之、長明彦、市川進一、永目諭一郎、A. Borschevsky, M. Schaedel, Ch.E. Duellmann, J.V. Kratz, T. Stora et al.
2. 発表標題 重アクチノイド元素の第一イオン化エネルギー
3. 学会等名 2016日本放射化学会年会・第60回放射化学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 水飼秋菜、豊嶋厚史、小森有希子、羽場宏光、浅井雅人、塚田和明、佐藤哲也、永目諭一郎
2. 発表標題 フロー抽出装置を用いたフッ化水素酸-Aliquat336系におけるタングステンの溶媒抽出
3. 学会等名 2016日本放射化学会年会・第60回放射化学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤 哲也、金谷 佑亮、浅井 雅人、塚田 和明、豊嶋 厚史、水飼 秋菜、長 明彦、牧井 宏之、廣瀬 健太郎、永目 諭一郎、富塚 知博、白井 香里、Christoph Duellmann, Matthias Schaedel, Jens V. Kratz, Thierry Stora, et al.
2. 発表標題 103番元素ローレンシウム(Lr)のタンタル表面における吸着脱離挙動
3. 学会等名 日本化学会 第97春季年会 (2017)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Y. Nagame, T. K. Sato, and J. V. Kratz	4. 発行年 2020年
2. 出版社 John Wiley & Sons, Inc.	5. 総ページ数 52
3. 書名 Actinides and Transactinides In "Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology"	

〔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	塚田 和明 (Tsukada Kazuaki) (30343916)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 原子力科学研究所 先端基礎研究センター・研究主席 (82110)	
研究分担者	佐藤 哲也 (Sato Tetsuya) (40370382)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 原子力科学研究所 先端基礎研究センター・研究副主席 (82110)	
研究分担者	Chiera Nadine (Chiera Nadine) (00807498)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 原子力科学研究所 先端基礎研究センター・博士研究員 (82110)	削除：2018年10月30日
研究分担者	豊嶋 厚史 (Toyoshima Atsushi) (40414578)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 先端基礎研究センター・研究副主席 (82110)	

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			
スイス	Paul Scherrer Institute (PSI)	CERN		
オランダ	University of Groningen			
ドイツ	Johannes Gutenberg Universitaet Mainz	重イオン研究所(GSI)	Friedrich-Schiller Universitaet	
イスラエル	Tel Aviv University			