

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 28 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009 ～ 2011

課題番号：21360468

研究課題名（和文） 核燃料再処理における化学的基盤としての中重アクチノイド元素の溶媒抽出挙動

研究課題名（英文） Solvent extraction behavior of medium-heavy actinide elements for chemical studies on reprocessing of nuclear fuel

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

研究成果の概要（和文）：全ランタノイド元素と長寿命のアクチノイド元素の溶媒抽出を行うとともに、加速器と連結した迅速化学分離装置の開発を行い、短寿命で生成率も低い重アクチノイド元素の溶媒抽出実験を行うことができた。これらの結果から、ランタノイドと広い範囲のアクチノイド元素に対して溶媒抽出挙動の系統的な議論を行うことができ、原子番号の大きなアクチノイド元素の方が f 電子が化学反応へより寄与している可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：Solvent extraction experiments were performed by a batch method with all lanthanide elements as well as long-lived actinide elements, Am, Cm, and Cf. Rapid and automatic chemistry apparatus connected with nuclear reaction chamber at accelerator setup was developed and tested, and using the apparatus, we performed solvent extraction with heavy actinide elements, Bk Es, Fm, and Md. From these data, the extraction properties were able to be systematically and widely discussed through all lanthanide elements and many actinide elements. As a result, stronger influence of f electrons on the chemical bonding is suggested in actinide elements than in lanthanide.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	9,300,000	2,790,000	12,090,000
2010 年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2011 年度	2,400,000	720,000	3,120,000
年度			
年度			
総計	14,900,000	4,470,000	19,370,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・原子力学

キーワード：バックエンド、アクチノイド化学

1. 研究開始当初の背景

現代そしてかなり将来までのエネルギーを担っていく原子力は、周知の通り原子核エネルギーの制御された解放によっている。その中で核分裂炉は、 ^{235}U 、 ^{239}Pu などの中性子誘起核分裂によっているため、その基盤として重核の核的性質、中性子捕獲断面積、核分裂機構などに関する精密基礎科学の進歩が必須である。しかしながら、それにもまして

必要なことは、原子力が関連する重元素領域、すなわちアクチノイド元素領域の化学的基盤の底上げである。使用済み燃料の(再)処理や核廃棄物の処分など、原子力社会が直面しており、根本的解決がなされていない課題の化学的問題点の重要な一因は、化学的性質の理解の不完全さにある。単に直接関係するウラン (U) やトリウム (Th)、プルトニウム (Pu) などの化学研究のみでは不完全であ

り、アクチノイドの特徴である5f電子系の性質の基礎からの理解と、その領域すべての元素の多様な化学的研究の集積が必要である。アクチノイドの系統的な広い化学の展開と進歩は、無機化学分野で未だ未開な第7周期元素の化学の開拓に貢献をするばかりでなく、原子力産業を支える基盤技術として、自信のある核燃料や廃棄物の処理処分の化学技術の確立につながるはずである。

本研究では、マイナーアクチノイドと呼ばれるアメリカシウム (Am) 以降、フェルミウム (Fm)、メンデレビウム (Md)、ノーベリウム (No) に至るまでの中重アクチノイド領域の元素について、基礎データの一つとして溶媒抽出挙動を系統的に調べ、抽出剤である配位子とアクチノイド原子との錯安定度定数などの化学量を導出する。さらに、安定性の系統的考察から5f電子の化学結合性を調べることを目的とする。本研究の特徴は、原子炉内では生成しないフェルミウム以降の元素についても対象とすることであり、これは加速器による核合成と、それとオンラインでつながる迅速化学実験の技術があって初めて可能なものであり、これまでのこの種のアクチノイドの化学研究にはなかった独創的な研究である。UやPuで外殻にしみ出していた5f電子はAm以降内殻に収まるが、原子番号が100番をこえるあたりから強い相対論効果で広がりだし、化学結合への寄与が大きくなる可能性がある[1]。そのため、5f電子系の理解には重アクチノイド領域も含めた系統的な研究が必要である。

2. 研究の目的

アメリカシウム (Am) からノーベリウム (No) に至るまでの一連の中重アクチノイド元素について、溶媒抽出挙動を系統的に調べ、導出されるアクチノイド原子との錯安定度定数などから、5f電子の化学結合性について知見を得ることを目的とする。これは、無機化学の新しい領域への重要な基礎研究であるばかりでなく、核燃料(再)処理や廃棄物処分における使用済み燃料中の超ウラン元素の化学的挙動の理解の基盤となり、長期的には、原子力社会で積み残されている課題の解決に化学的側面から貢献するものである。

具体的には、Amから重アクチノイドに至るまで、広範囲にわたり溶媒抽出挙動を調べ、5f電子の化学結合への寄与を明らかにしていく予定である。放射性トレーサーを用いた化学の技術を駆使し、比較のための一連のランタノイド、およびAm、Cm、Cfの溶媒抽出実験、加速器によるFm、Md、Noの合成とマイクロ量バッチおよびオンライン実験による抽出実験をおこなう。そのために、大阪大学核物理研究センターに本グループにより設置されている核合成装置の改良、マイ

クロチップ溶媒抽出を行うオンライン実験装置の開発を行う。また、NoとMdについては、単一原子対応の電気化学的手法で酸化還元挙動についても調べる。具体的な各研究項目とゴールを以下に示す。

(1) ランタノイド元素におけるマクロ量とトレーサー量の抽出挙動の比較：一連のランタノイドについてβ-ジケトン類やα-hydroxyisobutyric acid(α-HIB)、HDEHPなどを抽出剤として、各種条件に対する抽出率を測定し、アクチノイドの抽出挙動との比較、基礎データとする。また、放射性トレーサーを使用した極低濃度(トレーサー量)の結果とマクロ量を比較し、特に重アクチノイド実験で遭遇する単一原子レベルの化学挙動についての基盤を作る。

(2) Am、Cm、Cfの溶媒抽出挙動：²⁴¹Am、²⁴³Cm、^{249,250}Cfなどの放射性核種を使い、各種条件での溶媒抽出挙動を調べ、電子配置およびイオン半径などの観点からランタノイドとの比較を行う。また、重アクチノイド実験を行うべき条件を検討する。

(3) 加速器による重アクチノイド合成システムの整備とマイクロチップオンライン抽出システムの開発：大阪大学核物理研究センターのAVFサイクロトロンに設置されている当グループが開発した放射性同位元素製造用の照射システムを整備する。また、すでに開発済みのマイクロチップによる溶媒抽出システムを加速器とオンライン自動化を行い、単寿命核種の実験を可能とする。

(4) Fm、Md、Noの溶媒抽出挙動：^{249,250}Fm、²⁵⁵Md、²⁵⁵Noを加速器で合成し、(b)で決められた条件で迅速溶媒抽出実験を行う。また、No(II)のIII価に酸化し他と併せて系統的考察を可能とする。さらに、Mdの還元も試み、NoとMdの酸化還元電位を求め、電子構造についての情報を得る。

(5) 化学形の推定と安定度定数の導出：化学形の推定のためにα-HIBのランタノイド錯体を合成しX線構造解析から溶液中の配位数や結合距離を推定する。溶媒抽出で得られた結果について、可能な化学種を設定し、pH変化や濃度変化からそれぞれの錯安定度定数を導出する。

(6) アクチノイドの化学結合性の考察：共有結合性が少ない配位と寄与が期待できる場合を系統的に比較し、5f電子の結合への寄与を考察する。

3. 研究の方法

本研究は、ランタノイドとマイナーアクチノイドと呼ばれるAm、Cmなどトレーサーとして扱える元素の溶媒抽出の系統的实验と、100番を超える重元素領域の化学実験からなる。後者は、単一原子を対象とする化学となり、重イオン加速器からのビームをアクチノ

イドターゲットに照射することで対象原子を製造しつつ、ガスジェット搬送システムにより化学装置に運び、オンラインで迅速化学実験を多数回繰り返すことにより実現する。本研究では、これまで本研究グループで開発したマイクロチップベースの化学実験装置を導入し、化合物合成（液性調整）、溶媒抽出分離などをチップ上にて連続で行う自動システムを構築する。ビーム実験は、阪大核物理研究センター（RCNP）と理研・仁科加速器研究センター（理研 AVF）で行う。ランタノイドの通常の実験と RI トレーサー実験は大阪大学大学院理学研究科・原子核実験施設（OULNS）で行い、RCNP では、主にランタノイドトレーサーの製造、Fm と No（基礎実験）の溶媒抽出実験、およびオンライン化学実験の基礎テストなどを行う。 ^{248}Cm ターゲットが使用できる理研 AVF では、Md と No の抽出実験と酸化還元実験を進める。

抽出配位子は、多くのデータが収集されている α -HIB や HDEHP などに加え、置換基により電子供与性を調整できる β -ジケトン類を選択する。分配係数や安定度定数などの基礎データを得ると同時に、共有結合性が寄与しない配位と寄与が期待できる場合の安定性を系統的に比較し、5 f 電子の結合への寄与を考察する。

4. 研究成果

平成 21 年度には、これまで開発してきたマイクロチップベースを PC にて自動制御できるように開発した自動化学実験装置を導入し、化合物合成（液性調整）、溶媒抽出分離などをチップ上にて連続で行う自動システムを構築した。平行して、RCNP におけるオンライン実験システムの構築と $^{249,250}\text{Fm}$ の合成条件の決定を行った。これらの装置とシステムを用いたテスト実験として、阪大核物理研究センター（RCNP）にて加速器からのビームを利用した核反応生成物を用いて Fm の抽出実験のテスト実験を行った。また、理研・仁科加速器研究センター（理研 AVF）にて ^{255}Md と ^{255}No 合成実験と抽出に関してはテスト実験を行った。

また、基礎化学実験として、一連のランタノイドの溶媒抽出を、安定なランタノイドの標準溶液を用いて通常のバッチ手法により種々の条件下で行った。元素量の測定は ICP-MS により行った。さらに、Am、Cm、Cf についてのバッチ法による抽出実験をそれぞれの放射性トレーサーを用いて行った。抽出剤としては、TTA や HDEHP への抽出挙動を系統的に調べ、アクチノイドに於いてランタノイドより大きなテトラド効果を見出した。

平成 22 年度は、重アクチノイドの溶媒抽出実験を主に行った。これまでの Am、Cm、

Cf に加え、Bk、Es、Fm、Md の HDEHP による抽出データを得た。Es、Bk、Md は日本原子力研究開発機構・タンデム加速器施設において、それぞれ $^{248}\text{Cm}(^{11}\text{B},\text{X})^{250}\text{Bk}$ 、 $^{249}\text{Cf}(^{11}\text{B},\text{X})^{253}\text{Es}$ 、 $^{248}\text{Cm}(^{11}\text{B},4\text{n})^{255}\text{Md}$ の核反応で合成し、Es と Bk は捕集した長時間照射した後、生成物中から Ln 樹脂により希土類元素を分離精製した後、バッチ法で抽出を行った。試料はいくつかに分け、それぞれ抽出剤濃度を変化させて HDEHP-硝酸系にて溶媒抽出を行い、分配比の抽出剤濃度依存性を測定した。その直線フィッティングから抽出定数を導出した。 ^{255}Md は半減期が 27 分と短いため、1 時間捕集するたびに、その生成物を迅速自動イオン交換装置を用いて精製し、それを用いて溶媒抽出するという操作を数十回繰り返すことで 1 条件のデータを得た。最終的には 3 条件の分配比を得ることができた。Fm に関しては阪大 RCNP にて、 $^{238}\text{U}(^{16}\text{O},4\text{n})^{250}\text{Fm}$ （半減期 30 分）の核反応で合成し、同様に捕集しつつ精製、抽出を数十回繰り返してデータを得た。特に Md などの溶媒抽出のデータほとんどなく、非常に貴重な結果を得ることができ、このようなアクチノイド元素全般に渡って Md にまで至る系統的な実験が行われたのは世界でも初めてである。

ランタノイドの中で Pm だけは自然界に存在しないため、抽出データを得ることが難しく、本研究グループでも抽出データが得られていなかった。そこで、Pm の放射性トレーサーを原子力機構のタンデム加速器により製造して、溶媒抽出を行った。これによりランタノイドに関して全元素に対する抽出データを取得するに至った。まとめた結果を図 1 に示す。

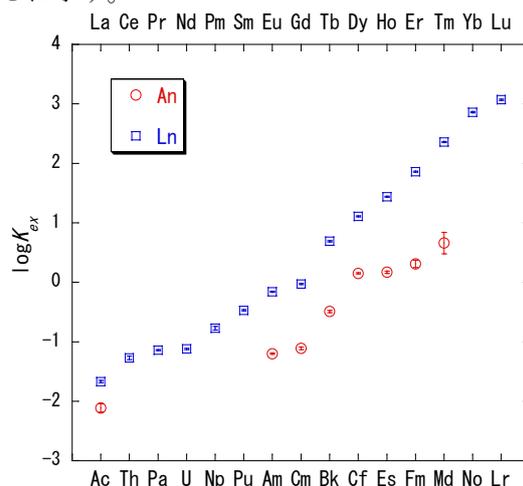


図 1. ランタノイド元素とアクチノイド元素の HDEHP 抽出における抽出定数

平成 23 年度は、最終年度に当たり、トレーサー実験で得られた、全ランタノイド元素、3 価アクチノイド元素である Am、Cm、Cf、

そして前年度に加速器実験で初めて系統的なデータが得られた Bk、Es、Fm、Md の結果を整理解析した。得られた結果をランタノイドと比較した結果、アクチノイドにおいてランタノイドより大きなテトラド効果が見いだされた。このような抽出挙動の系統的な違いは、f 電子の結合性について、アクチノイド元素はより f 電子が化学結合に関与している可能性を示唆していると考えている。

本研究で、アクチノイドで初めて見出された大きなテトラド効果を元に、f 電子の化学結合性についての考察を行い、論文発表も行った。また、No や Lr の実験計画も検討され、より短寿命核の実験のためのオンライン溶媒抽出装置の改良が行われた。また、No のオンライン還元を目指した電解マイクロチップも含め各種マイクロデバイスの開発に着手した。今後、No や Lr の実験を行い、5f 電子の結合性についての系統的な研究をさらに進展させる予定となっている。

本研究で得られるアクチノイド元素の全範囲に渉る系統的な抽出定数（錯安定度定数）や 5f 電子の化学結合性に関する定量的データは、基礎化学としての意義はもちろんであるが、核燃料再処理の化学的基盤として重要な知見である。

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 13 件）

全て査読有

- (1) Takayama, R.; Ooe, K.; Yahagi, W.; Fujisawa, H.; Komori, Y.; Kikunaga, H.; Yoshimura, T.; Takahashi, N.; Takahisa, K.; Haba, H.; Kudou, Y.; Ezaki, Y.; Toyoshima, A.; Asai, M.; Nagame, Y.; Saito, T.; Mitsugashira, T.; Shinohara, A., Solvent Extraction of Trivalent Actinides with Di(2-ethylhexyl)phosphoric Acid, Proc. Radiochem. 2011, 1, 157-160.
- (2) Kikunaga, H.; Yoshimura, T.; Kuribayashi, T.; Kitamoto, Y.; Takahashi, N.; Haba, H.; Ezaki, Y.; Enomoto, S.; Mitsugashira, T.; Shinohara, A., Separation of Am(III), Cm(III), and Cf(III) Using Capillary Electrophoresis, Proc. Radiochem. 2011, 1, 167-171.
- (3) Ooe, K.; Yahagi, W.; Komori, Y.; Fujisawa, H.; Takayama, R.; Kikunaga, H.; Yoshimura, T.; Takahashi, N.; Haba, H.; Kudou, Y.; Ezaki, Y.; Shinohara, A., Extraction Behavior of Carrier-free and Macro amounts of Molybdenum and Tungsten from HCl solution, Proc. Radiochem. 2011, 1, 127-130.
- (4) Ishii, Y.; Toyoshima, A.; Tsukada, K.; Asai, M.; Li, Z.; Nagame, Y.; Miyashita, S.; Mori, T.; Suganuma, H.; Haba, H.; Goto, S.; Kudo, H.; Akiyama, K.; Ooe, Y.; Shinohara, A.; Schädel, M.; Pershina, V.; Kratz, J. V., Fluorido Complex Formation of Element 104, Rutherfordium (Rf), Bull. Chem. Soc. Jpn. 2011, 9, 903-911.
- (5) Kikunaga, H.; Suzuki, T.; Nomura, M.; Mitsugashira, T.; Shinohara, A., Determination of the half-life of the ground state of ^{229}Th by using ^{232}U and ^{233}U decay series, Phys. Rev. C, 2011, 84, 014316, 1-5.
- (6) Haba, H.; Kaji, D.; Kikunaga, H.; Kudou, Y.; Morimoto, K.; Morita, K.; Ozeki, K.; Sumita, T.; Yoneda, A.; Kasamatsu, Y.; Komori, Y.; Ooe, K.; Shinohara, A., Production and decay properties of the 1.9-s isomeric state in ^{261}Rf , Phys. Rev. C, 2011, 83, 034602, 1-7.
- (7) Yoshimura, T.; Ikai, T.; Tooyama, Y.; Takayama, T.; Sekine, T.; Kino, Y.; Kirishima, A.; Sato, N.; Mitsugashira, T.; Takahashi, N.; Shinohara, A., Synthesis, structures, and properties of new chalcogenide-capped octahedral hexatechnetium(III) complexes $[\text{Tc}_6\text{S}_8\text{X}_6]^{4-}$ (X = Br, I), $[\text{Tc}_6\text{Se}_8\text{I}_2]$, and $[\text{Tc}_6\text{Te}_{15}]$, Eur. J. Inorg. Chem. 2010, 2010, 1214-1219.
- (8) Toyoshima, A.; Kasamatsu, Y.; Tsukada, K.; Asai, M.; Ishii, Y.; Toume, H.; Nishinaka, I.; Sato, T. K.; Nagame, Y.; Schädel, M.; Haba, H.; Goto, S.; Kudo, H.; Akiyama, K.; Ooe, Y.; Ooe, K.; Shinohara, A.; Sueki, K.; Kratz, J. V., Extraction chromatographic behavior of Rf, Zr, and Hf in HCl solution with styrene-divinylbenzene copolymer resin modified by TOPO (trioctylphosphine oxide), J. Nucl. Radiochem. Sci. 2010, 11, 7-11.
- (9) Yoshimura, T.; Suo, C.; Tsuge, K.; Ishizaka, S.; Nozaki, K.; Sasaki, Y.; Kitamura, N.; Shinohara, A., Excited-state properties of octahedral hexarhenium(III) complexes with redox-active N-heteroaromatic ligands, Inorg. Chem. 2010, 49, 531-540.
- (10) Haba, Hiromitsu; Kaji, Daiya; Kasamatsu, Yoshitaka; Kikunaga, Hidetoshi; Komori, Yukiko; Kudou,

- Yuki; Morimoto, Kouji; Morita, Kosuke; Ooe, Kazuhiro; Ozeki, Kazutaka; Sato, Nozomi; Shinohara, Atsushi; Toyoshima Atsushi; Yokoyama, Akihiko; Yoneda, Akira; Yoshimura, Takashi, Superheavy element nuclear chemistry at RIKEN, AIP Conference Proceedings 2010, 1235, 356-362.
- (11) Toyoshima, A.; Kasamatsu, Y.; Tsukada, K.; Asai, M.; Kitatsuji, Y.; Ishii, Y.; Toume, H.; Nishinaka, I.; Haba, H.; Ooe, K.; Sato, W.; Shinohara, A.; Akiyama, K.; Nagame, Y., Oxidation of element 102, Nobelium, with flow electrolytic column chromatography on an atom-at-a-time scale, *J. Am. Chem. Soc.* 2009, 131, 9180-9181.
- (12) Kasamatsu, Y.; Toyoshima, A.; Asai, M.; Tsukada, K.; Li, Z.; Ishii, Y.; Toume, H.; Sato, T. K.; Kikuchi, T.; Nishinaka, I.; Nagame, Y.; Haba, H. (他計 32 名), Anionic fluoro complex of element 105, Db, *Chem. Lett.* 2009, 38, 1084-1085.
- (13) Kikunaga, H.; Kasamatsu, Y.; Haba, H.; Mitsugashira, T.; Hara, M.; Takamiya, K.; Ohtsuki, T.; Yokoyama, A.; Nakanishi, T.; Shinohara, A., Half-life estimation of the first excited state of ^{229}Th by using α -particle spectrometry, *Phys. Rev. C* 2009, 80, 034315-1-4.
- [学会発表] (計 24 件)
- (1) Y. Kasamatsu, Y. Komori, Y. Kikutani, T. Yokokita, A. Kino, T. Yoshimura, N. Takahashi, H. Haba, Y. Kudou, H. Kikunaga, T. Ohtsuki, T. Mitsugashira, and A. Shinohara, Application of the rapid preparation method of hydroxide coprecipitate with Sm to superheavy element chemistry ~Model experiment for Rf chemistry~, 4th International Conference on the Chemistry and Physics of the Transactinide Elements, Sochi, Russia, September 5-11, 2011.
- (2) A. Kino, Y. Kikutani, Y. Komori, T. Yokokita, Y. Kasamatsu, N. Takahashi, T. Yoshimura, and A. Shinohara, Solvent extraction of Zr and Hf as homologues of Rf into triisooctylamine and tributylphosphate from HCl, 4th International Conference on the Chemistry and Physics of the Transactinide Elements, Sochi, Russia, September 5-11, 2011.
- (3) 小森有希子、他、計 9 名、シーボーギウムの溶液化学実験に向けた液体シンチレーション検出システムの開発、第 55 回放射化学討論会、長野市若里市民文化ホール (長野)、2011 年 9 月 20 日-22 日.
- (4) 池田隼人、他、計 8 名、五配位および六配位構造が相互変換するニトリドテクネチウム(V)およびレニウム(V)錯体の電子状態と光物性、第 55 回放射化学討論会、長野市若里市民文化ホール (長野)、2011 年 9 月 20 日-22 日.
- (5) 中塚和人、吉村崇、篠原厚、2 つの salophen 型配位子が配位した新規ウラン V 価錯体の合成と性質、第 55 回放射化学討論会、長野市若里市民文化ホール (長野)、2011 年 9 月 20 日-22 日.
- (6) 張子見、他、計 11 名、大阪、名古屋、茨城における福島第一原子力発電所由来の大気中 RI 濃度の経時変化、第 55 回放射化学討論会、長野市若里市民文化ホール (長野)、2011 年 9 月 20 日-22 日.
- (7) 横北卓也、他、計 9 名、Aliquat336 を用いた 5 価および 6 価の Mo、W の溶媒抽出、第 55 回放射化学討論会、長野市若里市民文化ホール (長野)、2011 年 9 月 20 日-22 日.
- (8) 木野愛子、他、計 8 名、Rf のオンラインバッチ抽出実験に向けた TIOA/HCl 系での Zr、Hf の樹脂を用いた抽出実験、第 55 回放射化学討論会、長野市若里市民文化ホール (長野)、2011 年 9 月 20 日-22 日.
- (9) 藤原一哉、他、計 10 名、シクロヘキサンと四塩化炭素の混合溶液系におけるミュオン転移反応の分子効果、第 55 回放射化学討論会、長野市若里市民文化ホール (長野)、2011 年 9 月 20 日-22 日.
- (10) 笠松良崇、他、計 16 名、HDEHP/HNO₃系における Bk と Md の溶媒抽出挙動、第 55 回放射化学討論会、長野市若里市民文化ホール (長野)、2011 年 9 月 20 日-22 日.
- (11) K. Ooe, Y. Komori, H. Fujisawa, A. Kuriyama, R. Takayama, Y. Kikutani, H. Kikunaga, Y. Kasamatsu, T. Yoshimura, N. Takahashi, H. Haba, Y. Kudou, Y. Ezaki and A. Shinohara, Electrolytic Oxidation of Nobelium with a Microchannel-Electrode Chip, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2010), Honolulu, USA, December 15-20, 2010.
- (12) A. Kuriyama, N. Takahashi, A. Shinohara, K. Nakai, H. Kimura, T. Tanamori, J. Hatazawa, Y. Kanai and K. Hatanaka, Preparation of the Radioactive Compounds for PET Imaging,

- 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2010), Honolulu, USA, December 15-20, 2010.
- (13) Y. Komori, K. Ooe, H. Fujisawa, A. Kuriyama, R. Takayama, Y. Kikutani, H. Kikunaga, Y. Kasamatsu, T. Yoshimura, N. Takahashi, H. Haba, Y. Kudou and A. Shinohara, Development of an On-Line Liquid Scintillation α -Detection System for Aqueous Chemical Studies of Superheavy Elements, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2010), Honolulu, USA, December 15-20, 2010.
- (14) T. Yoshimura, A. Matsuda, Y. Ito, A. Ito, S. Ishizaka, S. Shinoda, H. Tsukube, N. Kitamura and A. Shinohara, Photoluminescent Properties of Chalcogenide-Capped Octahedral Hexarhenium(III) Complexes, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2010), Honolulu, USA, December 15-20, 2010.
- (15) 吉村崇、他、計5名、カルコゲン架橋テクネチウム六核錯体の電子状態、第54回放射化学討論会、大阪大学銀杏会館(吹田)、2010年9月27日-29日。
- (16) 大江一弘、他、計14名、電極マイクロチップを用いたノーベリウムの電解酸化、第54回放射化学討論会、大阪大学銀杏会館(吹田)、2010年9月27日-29日。
- (17) 高山玲央奈、他、計15名、HDEHPを用いた三価重アクチニドの溶媒抽出、第54回放射化学討論会、大阪大学銀杏会館(吹田)、2010年9月27日-29日。
- (18) 小森有希子、他、計10名、超重元素の溶液化学のための液体シンチレーション検出器の作成と評価、第54回放射化学討論会、大阪大学銀杏会館(吹田)、2010年9月27日-29日。
- (19) 菊谷有希、他、計11名、 $^{nat}\text{Lu}(p,xn)^{175}\text{Hf}$ 反応の励起関数測定、第54回放射化学討論会、大阪大学銀杏会館(吹田)、2010年9月27日-29日。
- (20) 高橋成人、他、計8名、AVFサイクロトロンによるPET核種の製造と分離、第54回放射化学討論会、大阪大学銀杏会館(吹田)、2010年9月27日-29日。
- (21) 栗山亜依、他、計12名、 ^{52}Fe と ^{62}Zn の製造とPET用ヘマトポルフィリン錯体の合成、第54回放射化学討論会、大阪大学銀杏会館(吹田)、2010年9月27日-29日。
- (22) 表利樹、他、計5名、硫黄とハロゲンが混合キャップ配位したテクネチウム六核錯体の合成と性質、第54回放射化学討論会、大阪大学銀杏会館(吹田)、2010年9月27日-29日。
- (23) 松田佳恵、吉村崇、篠原厚、ビスサロフェン型ウラン(IV)錯体の合成と酸化還元挙動、第54回放射化学討論会、大阪大学銀杏会館(吹田)、2010年9月27日-29日。
- (24) K. Ooe, W. Yahagi, Y. Komori, H. Fujisawa, R. Takayama, H. Kikunaga, T. Yoshimura, N. Takahashi, H. Haba, Y. Kudou, Y. Ezaki and A. Shinohara, Extraction Behavior of Carrier-Free and Macro Amounts of Molybdenum and Tungsten from HCl Solution, 4th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry '09, Napa, America, November 29- December 4, 2009.
- [図書] (計1件)
- (1) 篠原厚、J-PARCで広がるミュオン化学の世界、*化学*, **2009**, *64(6)*, 29-34.
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
高橋成人 (TAKAHASHI NARUTO)
大阪大学・大学院理学研究科・講師
研究者番号: 00197162
- 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
- 笠松良崇 (KASAMATSU YOSHITAKA)
大阪大学・大学院理学研究科・助教
研究者番号: 70435593
- (3) 連携研究者
羽場宏光 (HABA HIROMITSU)
理化学研究所・仁科加速器研究センター・研究員
研究者番号: 60360624
- 高久圭二 (TAKAHISA KEIJI)
大阪大学・核物理研究センター・助教
研究者番号: 30263338