

科学研究費補助金（特別推進研究）公表用資料  
〔研究進捗評価用〕

平成19年度採択分

平成22年 4月28日現在

研究課題名（和文） **新元素の探索と超重元素の化学**

研究課題名（英文） Searching for new elements and chemistry of superheavy elements

研究代表者

**森田 浩介** (Morita Kosuke)

独立行政法人理化学研究所・森田超重元素研究室・准主任研究員



研究の概要：重イオン核反応によって、未発見の非常に原子番号の大きな元素の原子核を合成し、その核崩壊を観測することにより、日本初となる新元素の発見を目指す。また現在までほとんど研究がなされていない、原子番号104以上の元素の化学的性質の研究を行う。

研究分野： 数物系科学

科研費の分科・細目： 物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード： 実験核物理、新元素探索、超重元素の化学、加速器

#### 1. 研究開始当初の背景

(1) 周期表上で名前が付いている元素は原子番号111までであった(2010年112番元素が命名された)。その中に日本人が発見し、命名した元素はない。

(2) 原子番号104以上の超アクチノイド元素の化学的性質はほとんど研究されていない。

#### 2. 研究の目的

(1) 独立行政法人理化学研究所（以下理研）において2004年、2005年に初合成が確認された113番元素の確証を得ること。

(2) 114番元素を合成し崩壊を観測すること。

(3) 化学において未開拓の領域である104番以上の原子番号を持つ元素の化学的性質を明らかにすること。

#### 3. 研究の方法

超重元素の生成には理研の加速器から得られる大強度の重イオンビームを用い、標的との核融合反応で生成される超重元素核を、気体充填型反跳分離器(GARIS)によってビームや目的としない粒子から分離し、検出器もしくは捕集器に入射させる。

(1) 新元素探索の場合は検出器に打ち込まれた核の崩壊の観測によって核種の同定を行う。

(2) 化学研究の場合にはガスジェット型の捕集器により引き出した目的原子を溶液化するなどした後、迅速化学操作を行い化学的性質を調べる。元素の同定は崩壊の観測によって行う。

#### 4. これまでの成果

(1)  $^{266}\text{Bh}$  の崩壊の研究

本科研費による研究の目的の一つは、理研で2004年および2005年にそれぞれ1原子ずつ合成し、その崩壊を観測された113番新元素の同位体 $^{278}\text{113}$ について、その確証を与えることである。

理研で観測した2つの崩壊は、どちらも連続した4回の $\alpha$ 崩壊の後、自発核分裂を起こすというものであった。4回目の $\alpha$ 崩壊とそれに続く自発核分裂が、既に報告のある $^{266}\text{Bh}(\alpha) \rightarrow ^{262}\text{Db}(\text{S.F.})$  (S.F. : 自発核分裂) と同定され、先立つ3回の $\alpha$ 崩壊(1回の $\alpha$ 崩壊によって原子番号が2減り、質量数が4減る)を逆にたどって、合成された核が原子番号113質量数278の $^{278}\text{113}$ であるという同定の根拠とした。

我々の核種同定の根拠となっている、 $^{266}\text{Bh}(\alpha) \rightarrow ^{262}\text{Db}(\text{S.F.})$ という崩壊が既に報告されている点について、その報告がわずか1例(1事象)であるという弱さを補強することを目的として、初年度に購入した $^{248}\text{Cm}$ 標的を用い $^{248}\text{Cm}(^{23}\text{Na}, 5n)$ 反応によって $^{266}\text{Bh}$ を直接合成し、その崩壊を観測した。その結果、崩壊特性が十分詳しく知られている $^{262}\text{Db}$ 核( $^{258}\text{Lr}$ への $\alpha$ 崩壊と自発核分裂が混在し、全半減期は $34 \pm 4$  s)につながる $\alpha$ 崩壊が確実なものだけで14事象観測された。その中の1事象は $^{278}\text{113}$ からの4回目の $\alpha$ 崩壊と崩壊エネルギーが検出器の分解能の範囲で一致しており、我々が観測したものが $^{278}\text{113}$ からの崩壊連鎖であることの確証が得られた。

#### [ 4. これまでの成果 (続き) ]

##### (2) 超重元素化学用新気体充填型反跳分離器(GARIS-II)の完成と性能評価

超重元素化学に特化した新気体充填型反跳分離器(GARIS-II)は平成 20 年度に詳細設計を終え、発注、製作を完了した。平成 21 年度には磁場測定と設置を完了させ、平成 22 年 4 月初頭、性能評価実験を行った。その結果核化学研究に必要な低速重元素に対する透過効率が、現 GARIS の 2 倍程度と設計通りの性能を発揮することが示された。

##### (3) 超重元素化学研究のための GARIS と結合したガスジェットシステムの諸条件の最適化と崩壊特性の研究

本研究テーマにおいて次世代超重元素化学研究の方法として、物理的セパレーターによってビームを除去した条件で、核反応による生成元素核をガス中に止め、ガスジェットにより引き出して実験に供することを提案している。本格的な実験は上記 GARIS-II を物理的セパレーターとして用いるが、ガスジェットシステムの諸条件の最適化を行うことを目的とし、現 GARIS に結合して実験を行った。用いた反応は  $Z=104$  (Rf) については  $^{248}\text{Cm}(^{18}\text{O}, 5n)^{261}\text{Rf}$  反応、 $Z=106$  (Sg) については  $^{248}\text{Cm}(^{22}\text{Ne}, 5n)^{265}\text{Sg}$  反応を用いて行った。この実験でガスジェットシステムの最適化が行われたのみならず、上記 GARIS + Gas-jet の方法が、超低バックグラウンド  $\alpha$  核分光を可能にすることを実証した。

また超重元素化学研究は、合成された超重元素核を化学実験装置に導入し、抽出された原子の核崩壊を観測することによって行われる。すなわち元素種の決定は目的元素の特定の同位体の崩壊特性(崩壊モード、崩壊エネルギーおよび寿命)に依っており、化学研究のためには目的元素核の崩壊特性がよく知られていることが前提となる。106 番元素の同位体  $^{265}\text{Sg}$  には短寿命核異性体の存在の可能性等、崩壊特性が特定されていない点が指摘されていたが、本実験により、より確実な崩壊特性が明らかになった。

##### (4) 超重元素溶液化学研究用迅速 $\alpha$ 線計測装置の完成

平成 21 年度、本研究費を使い、超重元素溶液化学研究用迅速  $\alpha$  線計測装置の設計、製作を行った。これは溶液化学研究の際、溶液とともに抽出される目的同位体を金属皿の上に受け、溶液を蒸発乾固させ、高分解能  $\alpha$  線計測に供するための全自動式装置である。平成 22 年度は装置の調整を行い、実際の実験に使用する。

#### 5. 今後の計画

(1)  $^{209}\text{Bi}(^{70}\text{Zn}, n)$  反応による  $^{278}113$  同位体の合成実験(confirmation)

(2)  $^{208}\text{Pb}(^{76}\text{Ge}, n)$  反応による  $^{283}114$  同位体の合成実験(新元素探索)

(3)  $Z=104$  の気相および溶液化学実験

(4)  $Z=106$  の気相および溶液化学実験

#### 6. これまでの発表論文等(受賞等も含む)

(研究代表者は二重線、研究分担者は一重下線、連携研究者は点線)

##### 原著論文

(1) K. Morita, K. Morimoto, D. Kaji, H. Haba, Z. Ozeki, Y. Kudou, N. Sato, T. Sumita, A. Yoneda, T. Ichikawa, Y. Fujimori, S. Goto, E. Ideguchi, Y. Kasamatsu, K. Katori, Y. Komori, H. Koura, H. Kudo, K. Ooe, A. Ozawa, F. Tokanai, K. Tsukada, T. Yamaguchi, and A. Yoshida, 'Decay Properties of  $^{266}\text{Bh}$  and  $^{262}\text{Db}$  Produced in the  $^{248}\text{Cm} + ^{23}\text{Na}$  Reaction', J. Phys. Soc. Jpn. **78** 064201-1-6 (2009).

(2) D. Kaji, K. Morimoto, N. Sato, T. Ichikawa, E. Ideguchi, K. Ozeki, H. Haba, H. Koura, Y. Kudou, A. Ozawa, T. Sumita, T. Yamaguchi, A. Yoneda, A. Yoshida, and K. Morita, 'Production and Decay Properties of  $^{263}\text{Hs}$ ', J. Phys. Soc. Jpn. **78** 035003-1-2 (2009).

(3) H. Haba, D. Kaji, Y. Komori, Y. Kudou, K. Morimoto, K. Morita, K. Ooe, K. Ozeki, N. Sato, A. Shinohara and A. Yoneda, 'RIKEN Gas-filled Recoil Ion Separator GARIS as a Promising Interface for Superheavy Element Chemistry -Production of Element 104,  $^{261}\text{Rf}$ , Using the GARIS/Gas-jet System-', Chem. Lett. **38**, 426-427 (2009).

(4) H. Haba, H. Kikunaga, D. Kaji, T. Akiyama, K. Morimoto, K. Morita, T. Nanri, K. Ooe, N. Sato, A. Shinohara, D. Suzuki, T. Takabe, I. Yamazaki, A. Yokoyama, and A. Yoneda, 'Performance of the Gas-jet Transport System Coupled to the RIKEN Gas-filled Recoil Ion Separator GARIS for the  $^{238}\text{U}(^{22}\text{Ne}, 5n)^{255}\text{No}$  Reaction', J. Nucl. Radiochem. Sci. **9**, 27-31 (2008).

ホームページ等

<http://www.riken.jp/r-world/research/lab/nishina/element/index.html>