

研究種目：特別推進研究
研究期間：2007～2011
課題番号：19002005
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

研究者番号：20250110

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. 研究計画の概要

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い化学における新領域の開拓を目指す。

上記研究を行うため理化学研究所の加速器から供給される大強度重イオンビームと、現在研究に供されている気体充填型反跳分離器 GARIS を主実験装置として用いるほか、化学研究用として、それに特化した新反跳分離器 GARIS-II を新たに建設し実験に供する。

2. 研究の進捗状況

(1) 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。

(2) 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 α 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}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。

(3) ^{266}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、その崩壊が観測された 113 番新元素の同位体 $^{278}113$ 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 α 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 α 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 α 崩壊 (1 回の α 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 $^{278}113$ 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}Cm 標的を用い $^{248}\text{Cm}(^{23}\text{Na}, 5n)$ 反応によって ^{266}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}Db 核 (^{258}Lr への α 崩壊と自発核分裂が混在し、全半減期は 34 ± 4 s) につながる α 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 $^{278}113$ からの 4 回目の α 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 $^{278}113$ からの崩壊連鎖であることの確証が得られた。

(4) 超重元素溶液化学研究用迅速 α 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 α 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 α 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。

3. 現在までの達成度

② おおむね順調に進展している。

本研究費による 5 年間の研究計画は最初の 3 年で大型装置の開発と建設を行い、残る 2 年で科学的成果を上げようとするものである。この 3 年間で計画していた大型装置はほぼ順調に完成し、今年度よりの本格稼働を待っている。その意味でトン研究計画は順調に進行していると言える。

4. 今後の研究の推進方策

当初の研究計画に基づき以下の実験を行ってゆく。

- (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

5. 代表的な研究成果

(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 8 件) すべて査読あり

- 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}Bh and ^{262}Db Produced in the $^{248}\text{Cm} + ^{23}\text{Na}$ Reaction', J. Phys. Soc. Jpn. **78** 064201-1-6 (2009).

- ② 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}Rf , Using the GARIS/Gas-jet System-', Chem. Lett. **38**, 426-427 (2009).

[学会発表] (計 34 件)

招待講演 12 件

- ① K. Morita: 'Research of Superheavy elements at RIKEN', International Symposium 'Forefronts of Researches in Exotic Nuclear Structures' (Niigata2010), 2010/3/1, Niigata Japan.

- ② K. Morita: 'Superheavy Research at RIKEN', The 10th International Conference on Nucleus-Nucleus Collisions (NN2009), 2009/8/18, Beijing, China. Synthesis of the Heaviest Elements at RIKEN

一般講演 22 件

- 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}Bh and ^{262}Db Produced in the $^{248}\text{Cm} + ^{23}\text{Na}$ Reaction -- Further confirmation of the $^{278}113$ decay chain', Third Joint Meeting of the Nuclear Physics Division of the American Physical Society and The Physical Society of Japan, 2009/10/16, Waikoloa, Hawaii, USA.

- ② $^{248}\text{Cm} + ^{23}\text{Na}$ による ^{266}Bh の生成と崩壊特性
森本幸司, 森田浩介, 加治大哉, 羽場宏光, 大関和貴, 工藤祐生, 佐藤望, 住田貴之, 米田晃, 市川隆敏, 藤森康之, 後藤真一, 井手口栄治, 笠松良崇, 鹿取謙二, 小森有希子, 小浦寛之, 工藤久昭, 大江一弘, 小沢顕, 門叶冬樹, 塚田和明, 山口貴之, 吉田敦: 第 53 回放射化学討論会, 2009 年 9 月 29 日, 世田谷 東京。

[その他]

ホームページ

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