

日本学士院賞 受賞者 森田 浩介



専攻学科学目 物理学（実験核物理学）

生年 昭和三十三年 一月  
略歴 昭和五四年 三月  
同 五六年 三月  
同 五九年 四月  
同 五九年一〇月  
平成 五年 七月

九州大学理学部物理学科卒業

九州大学大学院理学研究科修士課程修了

理化学研究所サイクロトロン研究室流動研究員

理化学研究所サイクロトロン研究室研究員補

博士（理学）

理化学研究所加速器基盤研究部先任研究員

理化学研究所フロンティア研究システム先任研究員

理化学研究所仁科加速器研究センター森田超重元素研究室准主任研究員

九州大学大学院理学研究院教授（現在に至る）

理化学研究所仁科加速器研究センター超重元素研究グループ・グループディレクター（現在に至る）

## 博士（理学）森田浩介氏の「113番超 重元素の発見」に対する授賞審査要旨

森田浩介氏は理化学研究所（以下理研と記す）の実験チームを率いて未知の超重元素113番を発見した。実験は原子番号83のビスマス標的に原子番号30の亜鉛イオンのビームを照射し、核融合反応によって合成される113番元素を電磁的に分離収集し、検出器に導いてその崩壊過程を綿密に観測したものである。亜鉛ビームは理研の線形加速器RILACから引き出され、核融合反応を起こしてゼロ度方向に飛び出した超重元素の核のみを選択する。このために開発された気体充填型の反跳核分離器GARISを用いて、大強度ビームのもたらす巨大で不要な核反応生成物から稀少で貴重な超重原子核を分離した。それら超重核候補は位置敏感型の半導体検出器に打ち込まれ、その位置情報と時間情報をもとに一連のアルファ崩壊の場所・半減期とエネルギーが正確に同定できた。この超重元素生成の確率は極めて小さく、それを可能とする加速器強度の増強と巨大なバックグラウンドを除去できる検出装置の開拓が実験成功の鍵であった。森田氏はこの超重元素実験研究プロジェクトを理研に

おいて創始し、長年にわたり実験計画の立案から実験の実施・データの解析に至るまで、指導的役割を果たしてきた。

本研究が他の研究に比べて優れている点は反跳分離装置GARISの効率の大きさと分離能力である。その性能は先行した米、露、独の研究グループの追隨を許さないものであった。それまで世界でトップを走っていたドイツの重イオン科学研究所（GSI）の装置に対して、理研の実験装置がより大きな効率を持つことが分かり、まず、先行するGSIにおける112番元素の発見を確認する結果を生み出した。ここで確立した実験方法を駆使して113番新元素の探索へと向かったのである。

本研究では、超重元素を合成するために、系のエネルギーが低くなるように入射粒子のエネルギーを設定して「冷たい融合反応」を起こす手法を取った。これは一個だけ中性子を放出する反応であるため、生成核の原子番号と質量数の同定に曖昧さが無いこと、さらに、生成した超重核のカスケード状のアルファ崩壊の結果、既知の核に到達しやすく、作られた新超重核の同定が確実に行なわれる点に特徴がある。しかし、反応断面積が極めて小さいため、高度の性能のGARISをめぐりつても、困難な探索と考えられた。ここで加速器グループによってRILACの安定化とビーム強度の増強が推し進められたことは本研究の成功の大きな要因となった。実験開始から

終了まで、純照射時間にして約六〇〇日、九年の歳月をかけている。この間、高い動機を保ちつつ倦むことなく実験を遂行した理研のメンバーを中心とする共同研究者の努力があつてこそ可能となつた実験といえよう。

これまでに同定された新しい核種は三事象で、どれも陽子数  $Z=113$ 、質量数  $A=278$  を持っている。その結果は二〇〇四年、二〇〇七年、二〇一二年に公表・出版された。また、標的・ビームの組み合わせの異なる他の反応により、近接する核種を生み出す実験も平行して行われ、この新同位元素が既知の核種と繋がりをもち

ことが確認された。一方、先輩格のロシアのドウブナ研究所の露・米・独連合実験チームは、系のエネルギーが高くなるように設定したカルシウム48核のビームを用い、中性子を数個放出する核融合反応を用いて113番元素を発見したと二〇〇四年に公表している。しかし、この「熱い融合反応」では、多くの反応生成物が出来るので、収量は大きい、反応種（放出中性子の個数、荷電粒子の放出の有無）が確定しているとは言いがたく、また、そこで見つかったとされる質量数二八二、二八三、二八四に亘る同位体は、どれもその崩壊が既知の原子核に繋がっていないという弱点をもつ。

新元素の発見を認定する国際純正・応用化学連合と国際純正・応用物理学連合の合同委員会である Joint Working Party (JWP) で

は、認定の基準に照らして、理研のチームに113番元素発見のプライオリティを認めることに決定した。これは、収量は極めて低い結果の解釈が確実な「冷たい融合反応」の方法に徹するという森田氏らのストラテジーが適切であったことを示している。森田氏らの発見した超重元素は比較的中性子数の少ないもので、これにより核図表の中に、ほぼ存在限界に近い新しい領域が築かれた。一方、ドウブナ研究所では引き続き「熱い融合反応」の手法で、これと相補的な領域に横たわる中性子過剰の未知の原子核を探索し、115、117、118番元素を同定している。

新元素の探索は、「元素の原子番号の上限はどこにあるか？」という物質の根源に関する基本的な問いに答えようとする実験的試みである。結果として得られる超重元素の性質は、原子核の陽子数の存在限界に近いところでの核構造に関する知見、特に陽子や中性子に対する次の魔法数についての重要な情報を与える。また、超重元素の化学的性質が従来の周期表と馴染むかという「極限の化学」に挑む道が拓けてくる。ここでは化学反応に於いて電子構造の相対論効果が現れようとしている。本研究により第7周期の一席を占める未知元素が発見され、ドウブナ研究所での他の元素の発見と相俟つて、第7周期が完結し、次の第8周期探索の時代を迎えることの意味は大きい。

このように、森田浩介氏は理研の実験チームの中心にあつて113番超重元素発見への実験を主導し、国際的に認められる功績を築きあげた。森田氏はこれらの業績に対し、The GSI Exotic Nuclei Community Membership Award (二〇〇五年)、仁科記念賞 (二〇〇五年)、井上学術賞 (二〇〇六年)、日本物理学会論文賞 (二〇〇六年) を受賞している。二〇一五年、森田氏の研究チームはこの発見により、国際純正・応用化学連合から、113番元素の名称と記号の提案を行うようによこの荣誉ある招聘を受けた。

## 論文目録

- [1] K. Morita, K. Morimoto, D. Kajii, H. Haba, E. Ideguchi, J. C. Peter, R. Kanungo, K. Katori, H. Koura, H. Kudo, T. Ohnishi, A. Ozawa, T. Suda, K. Sueki, I. Tamihata, H. Xu, A. V. Yeremin, A. Yoneda, A. Yoshida, Y.-L. Zhao, T. Zheng, S. Goto, and F. Tokanai, *Journal of Physical Society of Japan* **73** (2004) 1738–1744, ‘Production and Decay Properties of  $^{277}111$  and its Daughter Nuclei’
- [2] K. Morita, K. Morimoto, D. Kajii, T. Akiyama, S. Goto, H. Haba, E. Ideguchi, R. Kanungo, K. Katori, H. Koura, H. Kudo, T. Ohnishi, A. Ozawa, T. Suda, K. Sueki, H. Xu, T. Yamaguchi, A. Yoneda, A. Yoshida, and Y.-L. Zhao, *Journal of Physical Society of Japan* **73** (2004) 2593–2596, ‘Experiment on the Synthesis of Element 113 in the Reaction  $^{208}\text{Bi}(^{70}\text{Zn},n)^{278}113^*$ ’
- [3] K. Morita, K. Morimoto, D. Kajii, T. Akiyama, S. Goto, H. Haba, E. Ideguchi, K. Katori, H. Koura, H. Kikumaga, H. Kudo, T. Ohnishi, A. Ozawa, N. Saito, T. Suda, K. Sueki, F. Tokanai, T. Yamaguchi, A. Yoneda, and A. Yoshida, *Journal of Physical Society of Japan* **76** (2007) 045001, ‘Observation of second decay chain from  $^{278}113^*$ ’
- [4] K. Morita, K. Morimoto, D. Kajii, T. Akiyama, S. Goto, H. Haba, E. Ideguchi, K. Katori, H. Koura, H. Kudo, T. Ohnishi, A. Ozawa, T. Suda, K. Sueki, F. Tokanai, T. Yamaguchi, A. Yoneda, and A. Yoshida, *Journal of Physical Society of Japan* **76** (2007) 043201, ‘Experiment on Synthesis of an Isotope  $^{277}112$  by  $^{208}\text{Pb} + ^{70}\text{Zn}$  Reaction’
- [5] K. Morita, K. Morimoto, D. Kajii, H. Haba, K. Ozeki, Y. Kudou, N. Saito, 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, *Journal of Physical Society of Japan* **78** (2009) 064201, ‘Decay Properties of  $^{266}\text{Bh}$  and  $^{266}\text{Db}$  Produced in the  $^{238}\text{Cm} + ^{23}\text{Na}$  Reaction’
- [6] K. Morita, K. Morimoto, D. Kajii, H. Haba, K. Ozeki, Y. Kudou, T. Sumita, Y. Wakabayashi, A. Yoneda, K. Tanaka, S. Yamaki, R. Sakai, T. Akiyama, S. Goto, H. Hasebe, M. Huang, T. Huang, E. Ideguchi, Y. Kasamatsu, K. Katori, Y. Kariya, H. Kikumaga, H. Koura, H. Kudo, A. Mashiko, K. Mayama, S. Mitsuoka, T. Moriya, M. Murakami, H. Murayama, S. Namai, A. Ozawa, N. Saito, K. Sueki, M. Takeyama, F. Tokanai, T. Yamaguchi, and A. Yoshida, *Journal of Physical Society of Japan* **81** (2012) 103201, ‘New Result in the Production and Decay of an Isotope,  $^{278}113$ , of the 113th Element’