



### 3.3.3 $^{261}\text{Rf}$ および $^{262}\text{Db}$ の合成

塚田和明<sup>1</sup>, 羽場宏光<sup>1</sup>, 浅井雅人<sup>1</sup>, 西中一郎<sup>1</sup>, 市川進一<sup>1</sup>, 永目諭一郎<sup>1</sup>, 阪間稔<sup>1,2</sup>, 大浦泰嗣<sup>2</sup>, 末木啓介<sup>2</sup>, 後藤真一<sup>1,3</sup>, 金子哲也<sup>3</sup>, 工藤久昭<sup>3</sup>, 正司譲<sup>4</sup>, 豊嶋厚史<sup>4</sup>, 横山明彦<sup>4</sup>, 篠原厚<sup>4</sup>, H.W. GAEGGELER<sup>5</sup>, A. TUERLER<sup>5</sup>, M. SCHAEDEL<sup>6</sup>

原研先端基礎<sup>1</sup>, 都立大院理<sup>2</sup>, 新潟大理<sup>3</sup>, 阪大院理<sup>4</sup>, PSI<sup>5</sup>, GSI<sup>6</sup>

#### Synthesis of $^{261}\text{Rf}$ and $^{262}\text{Db}$

K. TSUKADA<sup>1</sup>, H. HABA<sup>1</sup>, M. ASAI<sup>1</sup>, I. NISHINAKA<sup>1</sup>, S. ICHIKAWA<sup>1</sup>, Y. NAGAME<sup>1</sup>,  
M. SAKAMA<sup>1,2</sup>, Y. OURA<sup>2</sup>, K. SUEKI<sup>2</sup>, S. GOTO<sup>1,3</sup>, T. KANEKO<sup>3</sup>, H. KUDO<sup>3</sup>,  
A. TOYOSHIMA<sup>4</sup>, Y. SHOJI<sup>4</sup>, A. YOKOYAMA<sup>4</sup>, A. SHINOHARA<sup>4</sup>,  
H.W. GAEGGELER<sup>5</sup>, A. TUERLER<sup>5</sup>, M. SCHAEDEL<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Advanced Sci. Res. Center, Japan Atomic Energy Res. Inst.

<sup>2</sup>Fac. of Sci., Tokyo Metro. Univ.

<sup>3</sup>Fac. of Sci., Niigata. Univ.

<sup>4</sup>Fac. of Sci., Osaka. Univ.

<sup>5</sup>Paul Scherrer Institute (PSI)

<sup>6</sup>Gesellschaft fuer Schwerionenforschung (GSI)

#### 【はじめに】

超重元素と呼ばれる重い原子系では、電子軌道に対する相対論的効果により化学的性質が周期性からずれると理論的に予想されている[1]。超重元素の化学挙動研究は実現していないが、超アクチノイド元素を対象にして国際的な協力研究が進んでいる。いくつかの報告が周期性からのずれを指摘しているが十分な議論が進んでいるとは言い難い[2]。

本研究グループでは原研タンデム加速器を利用して超アクチノイド元素を合成し化学挙動研究を行う準備を進めている。現在、主に 104 番元素ラザホージウム (Rf) を対象としたイオン交換挙動に関する基礎実験および実験装置の開発・改良を行っている[3]。このような実験に先立ち、化学挙動研究の対象核種である  $^{261}\text{Rf}$  (半減期 78s) および 105 番元素ドブニウム (Db) の同位体  $^{262}\text{Db}$  (半減期 34s) の合成を試みると共にその最適条件を求めた。

#### 【 $^{248}\text{Cm}$ ターゲット中の Pb の除去】

対象とする  $^{261}\text{Rf}$  および  $^{262}\text{Db}$  は、 $^{248}\text{Cm}$  のようなアクチノイドターゲットと  $^{18}\text{O}$  あるいは  $^{19}\text{F}$  ビームによる「熱い」核融合反応で合成される。この際、 $^{248}\text{Cm}$  ターゲットの不純物として混入する鉛同位体の transfer 反応で生成する Po 同位体が大量に生成し、Po 同位体の放出する  $\alpha$  線が対象核種のエネルギー範囲にバックグラウンドとして影響を与える。この影響を極力避けるために  $^{248}\text{Cm}$  ターゲット中の Pb を除く必要がある。本研究では Pb 除去のために 2 段階のイオン交換分離を行った後に、厚さ約 13  $\mu\text{m}$  の Be 箔に電着しターゲットとして使用した。また、ターゲットチェンバーの構造および構造材も Pb の影響を避けるよう工夫した。この結果、Po の影響は通常の化学分離操作を行った場合の 1/100 以下にすることができた。

【 $^{261}\text{Rf}$ の合成】

ラザホージウム同位体の中で最も半減期が長く化学挙動実験に利用可能な  $^{261}\text{Rf}$  を対象に、その合成条件を検討した。これまでにいくつかの報告があり、その生成断面積は  $5\text{nb}$ [4]とされているが、 $^{18}\text{O}$  ビームによる照射の最適エネルギーおよび断面積の絶対値の評価は十分でない。

$^{261}\text{Rf}$  は上記の操作を行って製作した厚さ  $0.59\text{ mg/cm}^2$  の電着  $^{248}\text{Cm}$  (97.3%) ターゲットに、 $88\sim 98\text{ MeV}$  に加速した  $^{18}\text{O}$  ビーム (強度  $200\text{ pnA}$ ) を照射し合成した。生成物はガスジェット装置によって連続回転キャッチャー装置に搬送され、薄膜上に一定時間捕集した。その後連続する6つの測定ポートに順次移動させ、それぞれの測定ポートで放出された  $\alpha$  線を両面に設置した Si 検出器を用いて測定した。

図1に照射エネルギー  $98\text{MeV}$  での  $\alpha$  線スペクトルを示す。このように  $^{261}\text{Rf}$  および娘核種  $^{257}\text{No}$  が放出する一連の  $\alpha$  線の検出に成功した。また、合成の最適条件を調べるために入射エネルギーを変え  $^{261}\text{Rf}$  の励起関数測定を行った (図2(a))。本生成断面積は文献値[4]の約2倍であり、ピークでの照射エネルギーは  $94\text{MeV}$  程度であるが、励起関数の形状と  $^{18}\text{O}$  ビームの有効なエネルギー範囲から、照射チェンバーの形状を工夫することにより2枚の  $^{248}\text{Cm}$  ターゲットの利用が可能であり、 $^{261}\text{Rf}$  の生成量の倍増が期待できる。

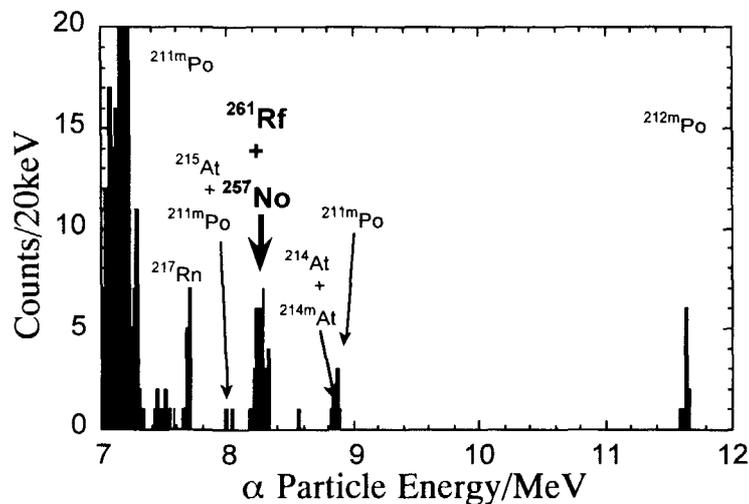


図1  $^{248}\text{Cm}+^{18}\text{O}$  ( $E_{\text{lab}}=98\text{ MeV}$ ) 反応で生成しガスジェット搬送装置で運ばれてきた生成物の  $\alpha$  線のエネルギースペクトル。

【 $^{262}\text{Db}$ の合成】

$^{262}\text{Db}$  の合成には、これまで  $^{249}\text{Bk}(^{18}\text{O}, 5\text{n})$  反応が利用され、その断面積は  $6\pm 3\text{ nb}$  と報告されている[5]。しかし、 $^{249}\text{Bk}$  は半減期が 320 日と短く容易には利用できない。このことが Db に関する化学挙動研究があまり行われない一因となっている。一方、 $^{248}\text{Cm}$  をターゲットとした  $^{262}\text{Db}$  の合成は生成断面積が  $0.26\text{ nb}$  であるという報告がある[5]。しかし、間接的測定ではあるが同断面積が  $2\text{ nb}$  であるという報告もあり[7]、この反応系が十分検証されているとは言えない。もし同反応系が利用可能であれば、Db に関する化学的研究に新たな展開が期待できる。そこで  $^{248}\text{Cm}(^{19}\text{F}, 5\text{n})$  反応の断面積測定およびその最適条件の検討を行った。

上記  $^{261}\text{Rf}$  の合成実験と同様に、入射エネルギー  $97\sim 106\text{ MeV}$  の  $^{19}\text{F}$  をビーム強度  $300\text{ pnA}$  で  $^{248}\text{Cm}$  ターゲットに照射し、 $^{262}\text{Db}\text{-}^{258}\text{Lr}$  の  $\alpha$  壊変連鎖を観測した。その結果、図2(b)のように入射エネルギー  $101\sim 106\text{ MeV}$  において生成断面積が約  $1.5\text{ nb}$  であった。また、

入射エネルギー 106 MeV で見られた  $^{213,211m}\text{Po}$  などからの妨害  $\alpha$  線は 101 MeV ではほとんど検出されなかった。これらの傾向から Db の化学挙動実験に上記反応が有効に利用できることがわかると同時に、 $^{19}\text{F}$  の入射エネルギー 101 MeV で行うことがバックグラウンドとの関係から望ましい。

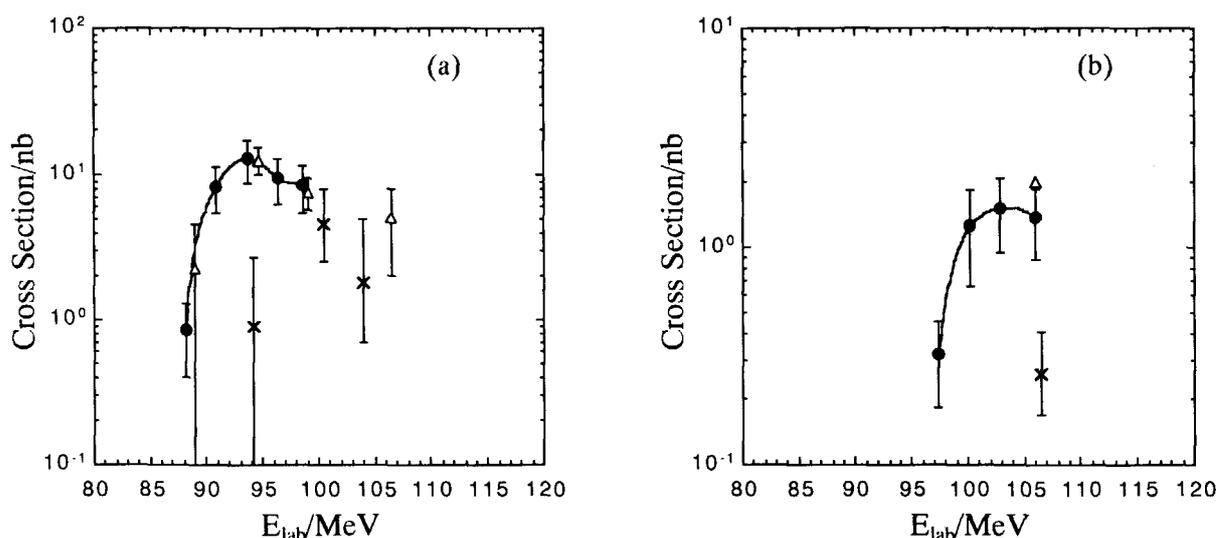


図2 (a)  $^{248}\text{Cm}(^{18}\text{O}, 5n)$  反応で生成する  $^{261}\text{Rf}$  の励起関数 (●は本実験結果、×は PSI による実験点[4], △の LBL によるデータ[5]は相対値なので本実験結果に合わせた)。 (b)  $^{248}\text{Cm}(^{19}\text{F}, 5n)$  反応で生成する  $^{262}\text{Db}$  の励起関数 (●は本実験結果、×は PSI による実験点[5], △は Orsay[7]による実験点)。

### 【まとめ】

上記のように化学挙動実験に利用可能な 104 および 105 番元素を原研タンデム加速器で合成可能であることがわかり、超アクチノイド元素の化学的性質に関する研究を国内で行うことが可能となった。今後、Rf を中心に実験を進めていくと共に、Db の化学挙動実験の基礎研究を進めていきたい。

最後に、タンデム加速器の運転および大強度のビームの発生を可能にしたタンデム加速器関係者の努力に感謝すると共に、原子番号 106 番以上の元素の化学的性質に関する研究を進めるために、新 ECR イオン源の導入などによる大強度の  $^{22}\text{Ne}^{10+}$  あるいは  $^{26}\text{Mg}^{12+}$ ,  $^{27}\text{Al}^{13+}$ ,  $^{30}\text{Si}^{14+}$  ビーム等の開発に期待したい。

### 【References】

- [1] B. Fricke and W. Greiner, *Phys. Lett.* **B30**, 317 (1969).
- [2] 例えば K.R. Czerwinski et al., *Radiochim. Acta* **64**, 29 (1994).
- [3] H. Haba et al., *Extended Abstracts of 5<sup>th</sup> Inter. Conf. On Nucl. Radiochem.*, Pontresina, Switzerland, September 3-8, 2000, pp. 195.
- [4] A. Tuerler, *Proc. Exp. Nucl. Phys. in Eur. '99*, CP495, AIP press, New York, 1999, pp. 149.
- [5] R. Dressler et al., *Phys. Rev.* **C59**, 3433 (1999).
- [6] R. Silva et al., *Nucl. Phys.* **A216**, 97 (1973).
- [7] C.L. Naour et al., *Extended Abstracts of the 1st Int. Conf. on the Chem. and Phys. of the Transactinide Elements*, Seeheim, Germany, September 26-30, 1999.