

ウランビームの飛行核分裂による新同位元素 ^{125}Pd , ^{126}Pd の生成と発見 理研次世代型 RI ビームファクトリーからの初成果

自然界には、水素からウランにいたる 83 種類の元素、同位元素で数えると約 270 種類が存在し、これらは核図表において安定線を形成する。安定線から外れた領域には、10,000 種にもおよぶ短寿命の放射性同位元素 (RI: radioisotope) があると言われ、それらの原子核は不安定核と呼ばれる。現在までに実験的に存在が確認されている RI は、このうち約 3,000 種にすぎない。安定線近辺の原子核の研究は進んでいるが、安定線から離れた不安定核の研究はまだまだこれからの課題と言える。不安定核の領域では、原子核の基本的性質である魔法の数や変形などについて既存のモデルでは説明できない性質を呈したり、また、宇宙における元素合成は不安定核を経由して起こるため、不安定核の性質は元素誕生の解明に密接に関係する。これら天然に存在しない多様な RI を人工的に生成し、観察・研究することは、原子核の根本的性質の究明や元素の起源を探る上で欠かせない。

昨年、独立行政法人理化学研究所の仁科加速器研究センターは、上記 RI を人工的に生成し不安定核の研究を推進すべく、RI ビームファクトリー (RIBF と略す) と呼ばれる次世代型大強度 RI ビーム施設を完成させた。RIBF において RI 生成を受け持つのは、BigRIPS と呼ばれる超伝導 RI ビーム生成装置である。この RIBF の初成果として、BigRIPS の開発と建設を担当してきた久保敏幸氏の率いるグループが中心になり、BigRIPS を用いて行ったウラン (^{238}U) ビームの飛行核分裂による新同位元素探索実験において、二つの新同位元素 ^{125}Pd , ^{126}Pd (元素名パラジウム、原子番号 46、質量数 125 と 126) が発見された。この研究は、日本物理学会発行の学術誌 Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ) の 2008 年 8 月号に掲載される。

ウランビームの飛行核分裂は、1990 年代に見つかったまだ新しい生成反応で、中性子過剰の中重核領域の RI 生成に非常に大きい生成断面積を持つ。一方、その運動学的性質のため、RI ビームは角度と速度について大きな広がりを持って生成される。BigRIPS には、この飛行核分裂の効率良い利用を強く意識し、高収集率を達成すべく大口径 (大アクセプタンス) の設計がなされている。RIBF の加速器が目標性能に達する近い将来には、約 4,000 種類の不安定核が研究可能になる予定である。BigRIPS のもう一つの重要な特長は、RI の収集・分離を行う第 1 ステージと RI の識別・同定を行う第 2 ステージの連続する二つのステージから構成され、その第 2 ステージが高い RI 識別能力を持つよう設計されていることである。

本実験は、RIBF のサイクロトンが供給する、核子あたり 3.45 億電子ボルト (光速の 70%) の ^{238}U ビームを用いて行われた。飛行核分裂反応によってベリリウム標的から生成された多様な RI は、BigRIPS 第 2 ステージにおける飛行時間 (TOF) 測定、磁気剛性 ($B\rho$) 測定、エネルギー損失 (ΔE) 測定をもとに、その原子番号 (Z) および質量数と荷電数の比 (A/Q) を導出することにより識別された。図 1 は、そうして得られた二次元の RI 識別図である。図 2 は、図

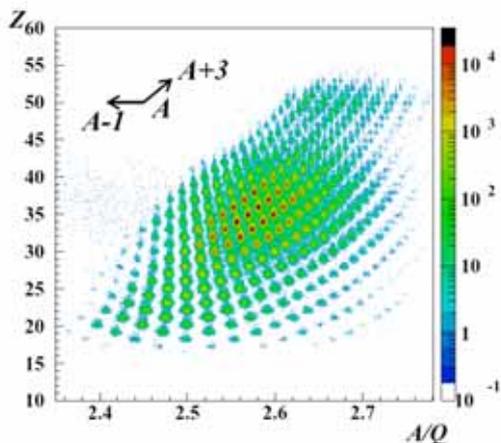


図 1. RI の識別図。縦軸は原子番号(Z)、横軸は質量数と荷電数の比(A/Q)。

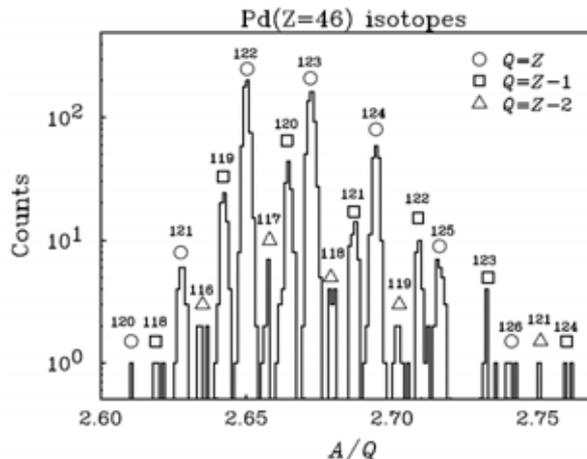


図 2. パラジウム (Z=46) の A/Q スペクトル。各ピークは質量数と荷電数でラベルされている。

1 から $Z = 46$ のパラジウム(Pd)同位元素の事象のみを選び出し作成された A/Q の一次元スペクトルで、そこには新同位元素 ^{125}Pd , ^{126}Pd の発見がはっきりと確認できる。これらは安定線から遠く離れ、最も重いパラジウムの安定同位元素 ^{110}Pd に比べ、それぞれ中性子数が 15、16 も多い。さらに、 ^{126}Pd について言えば、 $N=82$ の中性子魔法数まであと 2 つのところに来ており、中性子過剰領域における魔法数消失の研究における進展が期待される。また、図 1, 2 からは BigRIPS の優れた RI 識別能力もうかがえる。

本実験では、RIBF 稼動開始直後のコミッションング実験であったためウランビームの強度も低く、また測定時間も 1 日と短いという条件にもかかわらず、不安定核の既知限界に到達するばかりでなく、新同位元素の発見に至った。この成果は、次世代型 RI ビーム生成施設の計画通りの順調な発進を象徴するのみならず、新しい領域の不安定核の物理が、RIBF の加速器と BigRIPS の卓越した能力によって、大きく開くことを強く予見させるものであり、これからの研究の展開が大いに期待される。

論文掲載誌 : J. Phys. Soc. Jpn. **77** (2008) No. 8, p.**083201**

電子版 : <http://jpsj.ipap.jp/link?JPSJ/77/083201/> (7 月 25 日公開)

<情報提供: 久保敏幸 (理化学研究所)>