

103番元素ローレンシウム(Lr)の イオン化エネルギーの測定に世界で初めて成功

【研究成果のポイント】

- I 103番元素ローレンシウムの最も外側の電子がとても緩く結合していることを発見
- II 103番目の元素でアクチノイド元素群が終了する事を初めて実験的に証明
- III 更に重く未開拓な元素のイオン化エネルギー測定への展開に期待

研究成果の概要

本学大学院自然科学研究科の大江一弘助教が参加する国際共同研究グループ(日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター 重元素核科学研究グループ佐藤哲也研究員※本学博士後期課程修了、浅井雅人研究主幹、塚田和明研究主幹、永目諭一郎副センター長ら及びドイツ・マインツ大学、スイス・欧州原子核研究機構等の研究チーム)が、103番元素「ローレンシウム(Lr)」のイオン化エネルギー測定に世界で初めて成功しました。

元素の周期表上で、原子番号100を超える非常に重い元素「超重元素」は、すべて自然界に存在しない人工の放射性元素であり、粒子加速器を用いた重イオン核反応により作り出されます。しかし、合成できる量が極めて少なく、その寿命は数秒～数分程度と非常に短いことから、1度に1個あるいは数個の原子しか扱えず、その化学的性質はほとんど明らかにされていません。この中で、103番元素Lrが、周期表上で「アクチノイド」と呼ばれる15の元素群の最後に位置することは理論上予測されていましたが、実験的な裏付けはなされていませんでした。

今回、当国際共同研究グループは、このLrの化学的性質として重要な意味をもつ、「イオン化エネルギー」に注目し、「表面電離過程」を用いた測定に成功しました。「表面電離過程」は、高温の金属表面と原子との間の電子のやり取りによって、原子がイオン化される過程のことであり、イオン化される割合は金属表面の種類や温度、原子のイオン化エネルギーに依存します。実験では、日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所のタンデム加速器施設を利用して、Lrの同位体の一つである²⁵⁶Lr(半減期27秒)を合成し、新たに開発した表面電離イオン源に導入して、Lrを迅速にイオン化して取り出しました。その結果、ローレンシウムの原子核の周りを運動している最も外側の電子が、極めて緩く結合していることがわかりました。このことは、「アクチノイド」と同じく15の元素群で構成される「ランタノイド」の15番目のルテチウム(Lu)でも見られる現象と一致しており、1940年代にノーベル化学賞を受賞したシーボルク博士が提唱した、「アクチノイド」元素群が103番元素で終了するとの予測を、半世紀以上経てようやく実証したことになります。

今後の展望

今回、これまで取り扱いが難しいとされていた原子番号が100を超える超重元素に適用可能な新しいイオン化エネルギー測定手法を確立し、103番元素Lrのイオン化エネルギーの測定に成功したことにより、今後、更に重く未開拓な元素にも研究領域を押し広げることが期待されます。

本研究成果は、英国科学誌「Nature」(4月9日号)に掲載され、同誌上の「News&Views」で紹介されると同時に、同号の表紙を飾りました。

題名：Measurement of the first ionization potential of lawrencium (element 103)

著者：T. K. Sato,¹ M. Asai,¹ A. Borschevsky,^{2,3} T. Stora,⁴ N. Sato,¹ Y. Kaneya,^{1,5} K. Tsukada,¹ Ch. E. Düllmann,^{3,6,7} K. Eberhardt,^{3,7} E. Eliav,⁸ S. Ichikawa,^{1,9} U. Kaldor,⁸ J. V. Kratz,⁷ S. Miyashita,¹⁰ Y. Nagame,^{1,5} K. Ooe,¹¹ A. Osa,¹ D. Renisch,⁷ J. Runke,⁶ M. Schädel,¹ P. Thörle-Pospiech,^{3,7} A. Toyoshima,¹ N. Trautmann⁷

¹ 日本原子力研究開発機構、² マッセイ大学 (ニュージーランド)、³ ヘルムホルツ研究所 マイントツ (ドイツ)、⁴ 欧州原子核研究機構 CERN (スイス)、⁵ 茨城大学、⁶ ドイツ重イオン研究所、⁷ マイントツ大学 (ドイツ)、⁸ テルアビブ大学 (イスラエル)、⁹ 理化学研究所、¹⁰ 広島大学、¹¹ 新潟大学

アブストラクト URL

<http://www.nature.com/nature/journal/v520/n7546/full/nature14342.html>

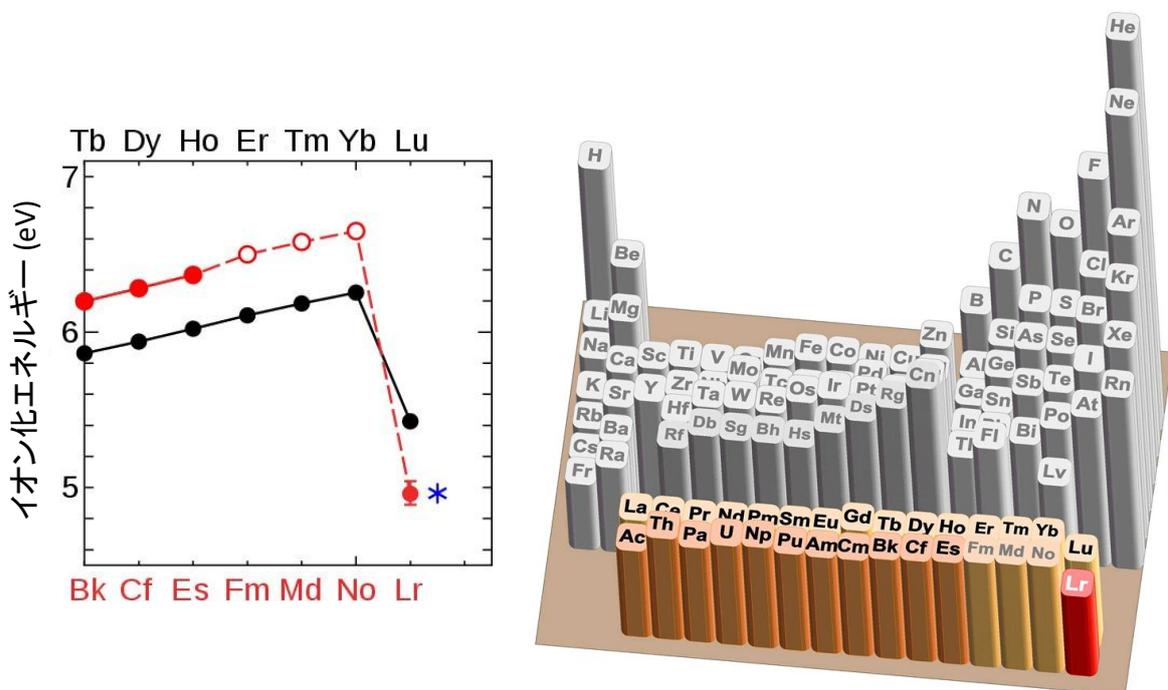


図 重ランタノイド(黒)と重アクチノイド(赤)領域のイオン化エネルギー(左図)と、イオン化エネルギーの値を高さで表した元素の周期表(右図)。

「アクチノイド(An)」のイオン化エネルギーが「ランタノイド(Ln)」に見られる傾向と一致した。

(左図：アクチノイドの○は予測値、他の●●は実測値、*は今回新たに計算した理論値)

本研究についてさらに詳しく知りたい方は下記 HP をご参照ください

日本原子力研究開発機構プレスリリース URL

<https://www.jaea.go.jp/02/press2015/p15040901/>

本件に関するお問い合わせ先

新潟大学大学院自然科学研究科

助教 大江一弘

E-mail: ooe@chem.sc.niigata-u.ac.jp