

分野: 自然科学系 キーワード: 放射化学、超重元素、ラザホージウム、化学平衡、塩化物錯体

104 番元素ラザホージウムの化学平衡を観測

～超重元素の化学的性質を解明する新たな化学実験手法に期待！～

【研究成果のポイント】

- ◇超重元素^{※1}のひとつである 104 番元素ラザホージウム(Rf)の抽出反応において、初めて抽出率の時間依存性を観測し、化学平衡を確認することに成功
- ◇超重元素は合成が難しく半減期(寿命)も短いため化学的性質を調べるのが困難であるが、新しい化学分析装置の開発により次世代の化学研究を実現
- ◇今回開発した手法、装置を用い、超重元素のさまざまな化学的性質を調べることは、周期表上にある全ての元素の性質をより深く知ることにつながる

❖ 概要

大阪大学大学院理学研究科の笠松良崇講師、篠原厚教授と理化学研究所仁科加速器研究センターの羽場宏光チームリーダーらの研究グループは、原子番号の大きな、人類にとって比較的新しい元素、超重元素のひとつである 104 番元素ラザホージウム(Rf)の抽出反応において、初めてその時間依存性を観測し、化学平衡の到達を観測しました。この結果、Rf の塩化物錯体の形成について新しい知見を得ることができました。

これまで、短寿命な超重元素の溶液化学において、化学平衡下の抽出挙動を観測することは難しく、錯体の安定性等の議論にまで至ることが困難でした。

今回、笠松、羽場らの研究グループは、パッチ型の加速器オンライン固液抽出装置を開発し、大強度重イオン加速器を擁する理化学研究所仁科加速器研究センターで Rf の抽出実験を実施しました。化学平衡下の分配係数を取得し、その塩化物錯体の形成が周期表の同族元素とは異なることを明らかにしました。

人類が発見した元素の中で、超重元素の化学的性質を調べることは非常に難しく、ほとんど未知の状態です。今回新しく開発した手法・装置で、Rf やさらに重い超重元素の化学的性質を解き明かすことができると期待できます。

本研究成果は、2016 年 11 月 29 日(火)に英国科学誌「Dalton Transactions」に掲載されました。

❖ 研究の背景

2016 年 11 月 28 日、理化学研究所の森田浩介グループディレクターが率いる研究グループによって初めて合成された 113 番元素に対して、「ニホニウム」という名前が認められ、「Nh」という元素記号が与えられたことは記憶に新しいと思います。日本の研究グループによる初めての新元素発見であり、日本にちなんだ元素名が付けられました。本研究は、このような原子番号の大きな新しい元素の化学的性質を調べる研究であり、今回は 104 番元素、Rf(ラザホージウム)の溶液化学研究に成功しました。本研究の責任著者である大阪大学の笠松講師、共著者の理化学研究所

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H																	He
2 Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3 Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4 K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5 Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6 Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7 Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

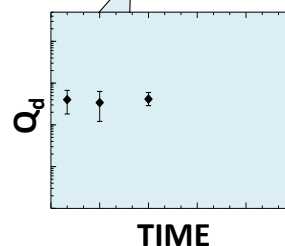


図 1 2017 年 1 月現在の周期表と Rf の抽出率の時間依存性

Press Release

の羽場チームリーダー、森田グループディレクターらは、ニホニウム発見グループの一員です。新元素の合成研究に続き、化学研究でも新しい発展が期待されます。

超重元素では相対論効果^{※2}の影響が大きくなることで特異な化学的性質を示す可能性があり、その理解は非常に重要であり、興味深いといえます。しかし、超重元素は、重イオン核融合反応^{※3}によって非常に低い確率でしか合成できず、その半減期(寿命)も～1分以下と短いため、一度の化学実験にわずか1原子しか扱うことができません(単一原子化学)。このため、超重元素の化学的性質はほとんど分かっていません。特に、錯体の形成がどのくらい安定かを示す定量的なデータを得ることは、元素の化学的性質を理解する上で非常に重要ですが、短寿命の超重元素については化学平衡に到達したデータを取得することはこれまで困難でした。

笠松講師、羽場チームリーダーらの共同研究グループは、**バッチ型の加速器オンライン固液抽出装置(AMBER)^{※4}**を開発することで、Rfの抽出挙動の時間依存性を観測し、超重元素の平衡到達の様子を確認することに初めて成功しました(図2参照)。Rfの合成は、理化学研究所仁科加速器研究センターの大強度重イオン加速器^{※5}を利用しました。この結果から、平衡状態にあるRfの塩化物錯体の抽出率を同族元素であるZrやHfと定量的に比較することができ、9 Mの塩酸濃度では、Rfが同族元素と異なり、安定な塩化物錯体を形成することが分かりました。

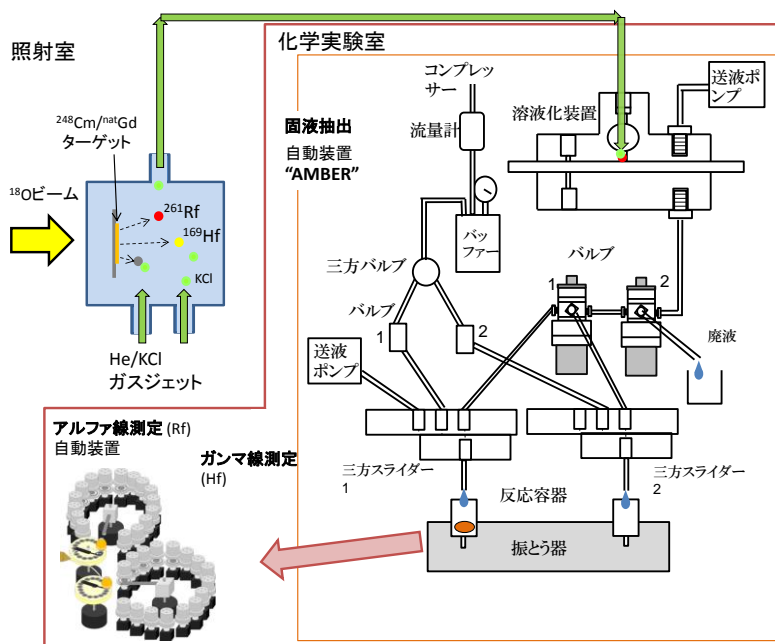


図2 自動固液抽出装置を用いた加速器オンライン実験の概要

◆ 本研究成果が社会に与える影響（本研究成果の意義）

本研究により確立された新しい溶液化学実験手法、装置は、その他さまざまな反応系への適用が期待できます。これまでは化学反応の速度が遅く、超重元素に対して定量的なデータを得ることが難しかった化学反応に対してもRfの化学的性質を知ることが可能となります。また、加速器性能の向上や、より長寿命な超重元素の合成技術の確立により、本手法はRfよりも重い元素への適用も可能となり、超重元素のさまざまな化学的性質の解明に期待がもたれます。超重元素の未知の化学的性質を解き明かすことは、科学の根本的な研究課題であり、周期表のあらゆる元素の本質的理解につながります。

◆ 特記事項

本研究成果は、2016年11月29日(火)に英国科学誌「Dalton Transactions」に掲載されました。

タイトル: “Observation of the chemical reaction equilibria of element 104, rutherfordium: solid-liquid extraction of Rf, Zr, Hf and Th with Aliquat 336 resin from HCl”

著者名: Takuya Yokokita, Yoshitaka Kasamatsu, Aiko Kino, Hiromitsu Haba, Yudai Shigekawa, Yuki Yasuda, Kouhei Nakamura, Keigo Toyomura, Yukiko Komori, Masashi Murakami, Takashi Yoshimura, Naruto Takahashi, Kosuke Morita, and Atsushi Shinohara

DOI: 10.1039/c6dt03497g

なお、本研究は、JSPS 日本学術振興会の助成(課題番号 23750082、16K05815、19002005)を受けて実施しました。

Press Release

❖ 用語説明

※1 超重元素

原子番号が大きな元素を重元素と呼びます。中でもアクチノイド系列の元素よりも重い、原子番号が104番(Rf: ラザホージウム)以降の元素を超重元素と呼びます。超重元素は、人類にとって新しい元素で、その性質はほとんど解明されていません。

※2 相対論効果

原子の中央に位置する原子核が大きくなると、そのプラスの電荷も大きくなります。すると、原子核の周りに位置する軌道殻電子は大きな作用を受け、内側の電子が安定化したり、外側の電子が不安定化したりします。

※3 重イオン核融合反応

ヘリウムやそれよりも重い原子核同士を衝突させ、融合反応を起こします。本研究で用いたラザホージウム(^{261}Rf)は、キュリウム(^{248}Cm)ターゲットに酸素ビーム(^{18}O)を照射することで合成しました。

※4 バッチ型加速器オンライン固液抽出装置

短寿命の超重元素の化学実験を行うために、核反応の生成物をジェット気流に乗せて化学室に搬送し続けます。これを加速器オンライン実験と呼びます。今回、この搬送されてくる生成物を自動で溶液化し、樹脂を用いて抽出分離後、放射線計測する装置を開発しました。

※5 重イオン加速器

さまざまな元素のイオンを電場と磁場を利用して加速し、高エネルギーのビームとして利用することができます。このような装置を加速器と呼びます。特に、重い元素の合成には、水素や電子のような軽粒子ではなく、ヘリウム以降の元素のイオンビームを利用する必要があります。本研究では、理化学研究所仁科加速器研究センターが有する重イオン加速器施設「RI ビームファクトリー(RIBF)」の AVF サイクロトロンを用いました。

❖ 本件に関する問い合わせ先

大阪大学 大学院理学研究科 講師 笠松良崇(かさまつよしあき)

TEL: 06-6850-5418 / FAX: 06-6850-6999

E-mail: kasa@chem.sci.osaka-u.ac.jp