

1999年7月15日
独立行政法人 理化学研究所

^{48}Ca によって引き起こされる反応による超重元素（原子番号 114）の合成

理化学研究所（理事長：小林俊一）は、ロシア連合原子核研究所フレロフ核反応研究所（以下フレロフ研究所）との国際共同研究により、原子番号 114 の超重元素の同位体の合成に成功した。この同位体は質量数 287、中性子数 173、約 5 秒の半減期で α 放出によって崩壊する。今年始め、フレロフ核反応研究所で合成が報じられた同じ原子番号で、質量数 289、中性子数 175、約 20 秒の半減期の同位体とあわせ、中性子数 184 の「安定な島」の存在に実験的な裏付けを与えることが出来た。

この結果は「Nature」誌の 7 月 15 日号に掲載される。

- 1) 原子核は、陽子と中性子から構成されている。原子番号が増大していくと陽子の持つ $+$ の電荷による反発力のために一つの原子核として存在できなくなり、核分裂を起こしてしまうようになる。従って原子核の原子番号には上限が存在する。液滴モデル（原子核を 1 つの水滴のようなものとするモデル）では原子番号が 102 を超えるような核は存在しえないことになっている。しかし、現実には 1996 年までに 112 番の元素まで見つかっている。それは原子核が液滴モデルで表される平均的な力だけでその性質が決まっているのではなく、個々の陽子や中性子（核子）が、軌道運動をしていることによって現れてくる性質も持っており（殻効果）、まさにその効果によって原子番号が 102 を超えるような重い核は存在している。それではいったい原子番号の上限はどこにあるのだろうか？これは原子核の研究にとって大変興味のあるテーマとなっている。
- 2) 原子核には魔法数と呼ばれる数が存在する。陽子では 2、8、20、28、50、82、中性子では 2、8、20、28、50、82、126 が知られており、核はその数の核子を持つ時に特別な安定性を示す。理論家は次の魔法数として陽子数 $Z = 114$ 、中性子数 $N = 184$ を予言しており、まさにその $Z = 114$ 、 $N = 184$ の核の半減期は数年におよぶことを予言した。
- 3) $N = 184$ の安定性を実験的に証明するため、有望な入射ビームとして中性子過剰な ^{48}Ca がある。有利と言われながら新元素の合成へ向けた ^{48}Ca ビームを用いた試みは、これまでにはこれといった成果は上げられなかった。これまでは ^{48}Ca ビームの強度が充分でなく、結果として実験の感度が上げられなかったことが原因であることが分かった。フレロフ核反応研究所では、ここ数年この ^{48}Ca ビームの大強度化に取り組んできており 4×10^{12} イオン/秒と充分高感度の実験が行なえるようになった。
- 4) 今回、このフレロフ核反応研究所の実験施設を使用して、プルトニウム 242 を標的とし、 ^{48}Ca ビームを用いて原子番号 114 の同位体の合成を試みた。32 日間にわた

り ^{48}Ca の総照射量で 7.5×10^{18} の照射を行なった。その結果 $^{48}\text{Ca} + ^{242}\text{Pu} \rightarrow ^{287}[114] + 3n$ 反応からと考えられる同位体からの α 崩壊とそれに引き続く自発核分裂*が 2 現象観測された。 α 崩壊の半減期は約 5 秒であった。

- 5)これに先立つ実験で $^{48}\text{Ca} + ^{238}\text{U} \rightarrow ^{283}[112] + 3n$ 反応で生成された核 $^{283}[112]$ が自発核分裂することが確かめられている。この核 $^{283}[112]$ は、プルトニウム 242 を標的として作られたと考えている核 $^{287}[114]$ の α 崩壊の娘核になっており、このことから今回生成されたものが $^{287}[114]$ であることは十分に確からしい。
- 6)また今年始め、フレロフ核反応研究所で合成が報じられた、同じ原子番号の、質量数 289、中性子数 175、約 20 秒の半減期の同位体とあわせて考えると中性子が 2 つ増えることによって半減期が約 4 倍増えていることがわかった。このことから予想される次の魔法中性子数 184 へ向けて 173 から 175 へと中性子数の増大につれて核の安定性が増大していることを実験的に証明することができた。
- 7)自然に存在する安定核のビームを用いて $N = 184$ に到達することは出来ない。近い将来、理化学研究所が建設を進めている RI ビームファクトリー等から供給される中性子過剰な不安定核を用いた反応でこの魔法数の安定性に迫ると同時に、日本主導で新元素の合成を図りたい。

※自発核分裂

不安定な原子核の崩壊様式の一つ。特に原子番号の大きな核に見られ、外部からの差用なしに核分裂を起こして崩壊するもの。不安定核の崩壊様式としては、 α 崩壊、 β 崩壊、 γ 崩壊の 3 つがよく知られている。 α 崩壊はヘリウムの原子核を、 β 崩壊は電子を、 γ 崩壊はエネルギーの高い光を放出してより安定な核に変化していく。これら以外の崩壊様式として陽電子を放出する β^+ 崩壊、陽子を放出する崩壊、 ^{14}C などの重イオンを放出する崩壊などがある。

【論文発表者】

Yu. Ts. Oganessian*, A. V. Yeremen*, A. G. Popeco*, S. L. Bogomolov*,
G. V. Buklanov*, M. L. Chelnokov*, V. I. Chepigin*, B. N. Gikal*,
V. A. Gorshkov*, G. G. Gulbekian*, M. G. Itkis*, A. P. Kabachenko*,
A. Yu. Lavarentev*, O. N. Malyshev*, J. Rohac*, R. N. Sagaidak*, S. Hofmann**,
S. Saro+, G. Giardina++,
& K. Morita*+

* Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, JINR, 141 980 Dubna, Russia

** Gesellschaft für Schwerionenforschung, D-64291 Darmstadt, Germany

+ Department of Physics, Comenius University SK-84215, Bratislava, Slovakia

++ Dipartimento di Fisica dell'Università di Messina, 98166 Messina, Italy

*+ Institute of Physical and Chemical Research(RIKEN), Wako-shi, Saitama, Japan

(問い合わせ先)

独立行政法人理化学研究所 加速器基盤研究部

部長 (主任研究員)

矢野 安重

前任研究員

森田 浩介

Tel : 048-462-1111 (ext.4116)

Mail : morita@rikaxp.riken.go.jp

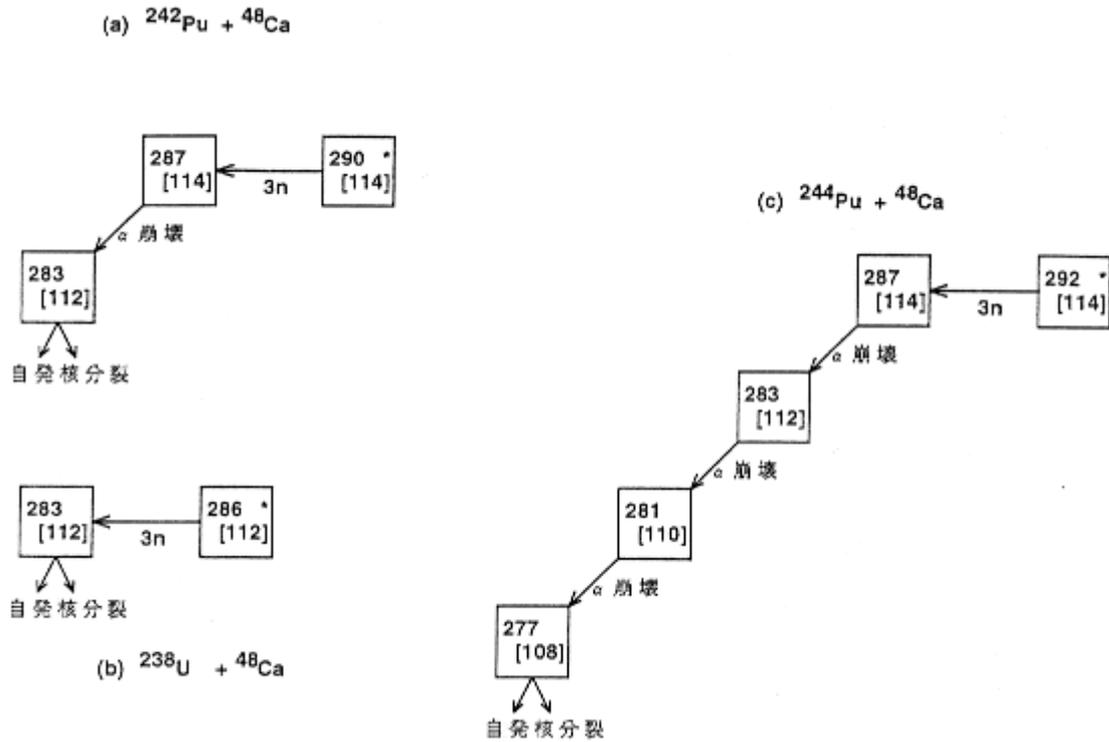
(報道担当)

独立行政法人理化学研究所 広報室

吉垣 聡子

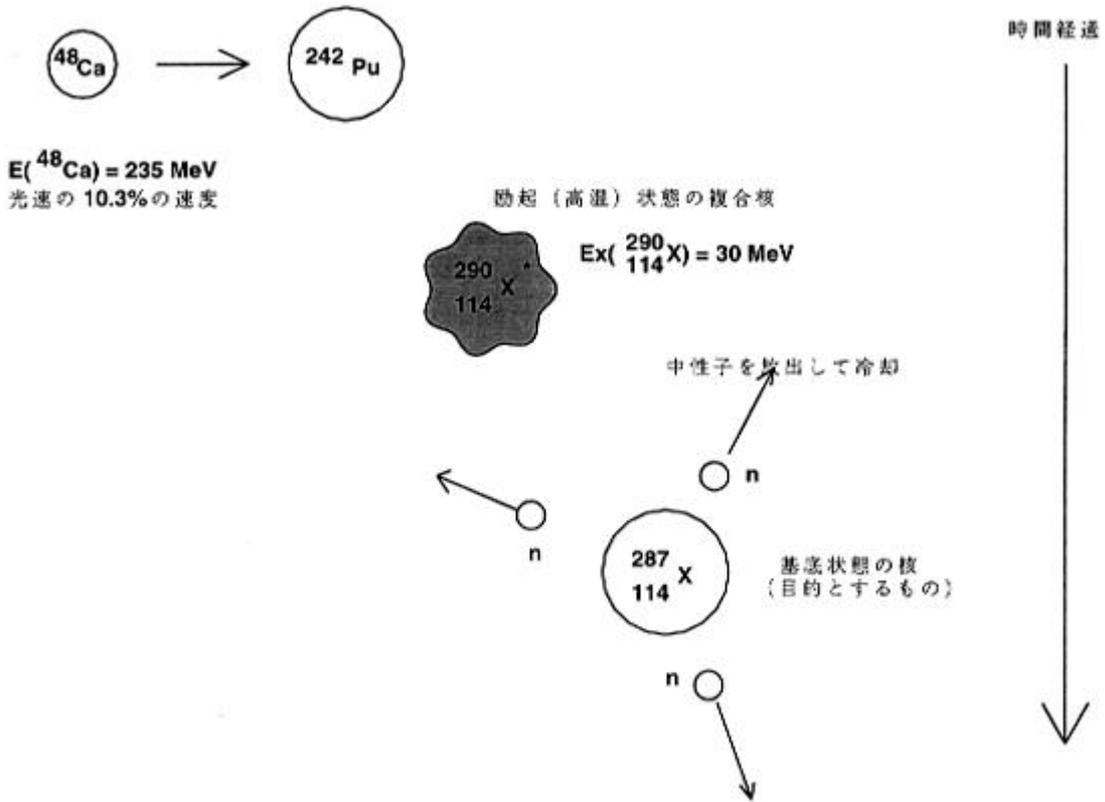
Tel : 048-467-9272 / Fax : 048-462-4715

Mail : koho@riken.jp



超重核の崩壊の様子

- (a) 今回の実験結果 (2 現象)
- (b) 1998 年春の実験 (2 現象)
- (c) 1998 年末の実験 (1 現象)



反応の進行の様子

中性子数の増加とともに半減期が長くなっている。

より中性子数の大きいところに '安定な島' が存在する有力な証拠

