

RIKEN Channel プレスリリース解説 Vol.3

新魔法数 34 の新たな証拠

(ナレーション)

理化学研究所の櫻井博儀室長らの国際共同研究グループは、中性子の「新魔法数」34の直接証拠を得ることに成功しました。

(テロップ)

理化学研究所 仁科加速器科学研究センター RI 物理研究室 櫻井博儀室長

SEASTAR 国際共同実験チーム

- ・ 理化学研究所
- ・ 香港大学など

(ナレーション)

物質を構成する基本的な粒子である原子の中心には原子核があります。

(テロップ)

原子

原子核

(ナレーション)

原子核は核子で構成されており、核子には陽子と中性子があります。

(テロップ)

核子

陽子

中性子

(ナレーション)

原子核は、陽子または中性子が、ある決まった数の時に構造が特に安定します。例えば陽子が2個のヘリウム、8個の酸素は特別に安定な元素です。

(テロップ)

ヘリウム原子核 陽子 2 中性子 2

酸素原子核 陽子 8 中性子 8

(ナレーション)

このように安定する数を「魔法数」と呼びます。陽子でも中性子でも 2、8、20、28、50 などが魔法数であることが古くから知られていました。

(テロップ)

魔法数

原子核が安定する核子の数

2 8 20 28 50 など

(ナレーション)

しかし、近年の研究から陽子に比べて中性子が非常に多い、中性子過剰の原子核では、すでに知られている魔法数が成り立たなくなることが分かってきました。

(テロップ)

中性子過剰の原子核では既存の魔法数が成り立たない

(ナレーション)

これまで、理研の研究グループは中性子の新しい魔法数「16」を 2000 年に、「34」を 2013 年に発見しました。

(テロップ)

中性子過剰の原子核

新魔法数

16 (2000 年発見)

34 (2013 年発見)

(ナレーション)

原子核内の陽子や中性子は、エネルギーがとびとびの量子軌道に存在しています。魔法数とは、その軌道が核子でいっぱいになる状態のことです。例えばこの図で言うと、緑の軌道までは 28 個の中性子でいっぱいになり安定します。これを閉殻構造といいます。

(テロップ)

魔法数：量子軌道が核子でいっぱいになる状態

閉殻

(ナレーション)

青の軌道までは 32 個、赤の軌道までは 34 個で安定すると理論的に考えられてきました。しかし赤の軌道が 34 個の中性子で閉殻になる実験的な証拠は得られていなかったのです。

(テロップ)

閉殻？

(ナレーション)

研究グループは理研の RI ビームファクトリーを用いて 34 個の中性子で閉殻となることを証明する実験に取り組みました。RI ビームファクトリーは、約 3,000 種類もの RI、放射性同位元素を生成できる加速器施設です。

(テロップ)

RI ビームファクトリー： 約 3,000 種類もの RI (放射性同位元素) を生成できる加速器施設

(ナレーション)

RI ビームファクトリーで、まずカルシウム-54 (^{54}Ca) を生成します。 ^{54}Ca の原子核は陽子が 20 個、中性子が 34 個で構成され、2013 年に魔法数「34」を発見した元素です。

(テロップ)

^{54}Ca

陽子 20

中性子 34

(ナレーション)

この ^{54}Ca を、陽子が 1 個の水素標的に衝突させます。すると ^{54}Ca から中性子が一個だけ抜けてカルシウム-53 (^{53}Ca) になります。これを中性子ノックアウトと呼んでいます。

(テロップ)

陽子

中性子

^{53}Ca

中性子ノックアウト

(ナレーション)

^{53}Ca は、この図に示す基底状態、第 1 励起準位、第 2 励起準位のうち、いずれかの状態になります。

(テロップ)

^{54}Ca

基底状態

^{53}Ca

基底状態、第 1 励起準位、第 2 励起準位

(ナレーション)

もし ^{54}Ca が閉殻構造であれば、中性子は赤い軌道もしくは青い軌道から引き抜かれるため、中性子ロックアウトによりつくられる ^{53}Ca は基底状態か第 2 励起準位となり、第 1 励起準位はほとんどないはずで

これを実験で確かめました。第 1 励起準位または第 2 励起準位状態の ^{53}Ca はエネルギーを放出して基底状態となります。この放出するエネルギーを測定することで、どの状態であったかが分かります。

測定の結果、第 1 励起準位の ^{53}Ca はほとんどありませんでした。すなわち中性子 34 が魔法数であることを実験で確かめることができたのです。

(テロップ)

閉殻

(ドルネンバル・ピーター 専任研究員)

世界一のビーム強度を誇る理研 RI ビームファクトリーによって 34 が魔法数であることを定量的に証明することに成功しました。

(櫻井博儀 室長)

鉄より重たい元素は（超新星など）宇宙の元素合成過程で作られる。その過程では、中性子過剰な原子核が重要な鍵を握る。中性子過剰な原子核のどこに魔法数があり、どこで魔法数が消失しているのかを知ることは大事。それがわかれば鉄より重い元素の合成過程を知ることができる。

終わり