

平成 22 年 6 月 11 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2009

課題番号：19740131

研究課題名 (和文) 46Cr の β + 崩壊の半減期測定

研究課題名 (英文) Beta-decay half-life measurement of 46Cr

研究代表者

若林 泰生 (WAKABYASHI YASUO)

独立行政法人 日本原子力研究開発機構・先端基礎研究センター・博士研究員

研究者番号：80447359

研究成果の概要 (和文)：

天体における元素合成に関わる原子核の生成、及び、崩壊過程の特性は、宇宙の元素組成の起源を知るための重要な研究対象であり、天文学的に大変興味深い。

本研究では、天体における元素合成過程に関わる不安定原子核 46Cr の β 崩壊の半減期と分岐比の測定実験を行った。

解析の経過を日米物理学会合同核物理分科会にて、口頭発表を行った。得られた半減期・分岐比の値は、元素合成の理解のための貴重なデータになるであろう。

研究成果の概要 (英文)：

It is interesting in astrophysics to know the production and the decay properties of nuclei for nucleosynthesis in stars.

In this study, we performed the experiment to measure the beta-decay half-life and its branching ratio of 46Cr for nucleosynthesis in stars.

The experimental results were presented at the third joint meeting of the nuclear physics of the APS and the JPS. It will be precious data to understand the nucleosynthesis.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,200,000	0	1,200,000
2008 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	570,000	3,670,000

研究分野：原子核(実験)

科研費の分科・細目：物理学・原子核

キーワード： β 崩壊、半減期、不安定核

1. 研究開始当初の背景

X 線バーストや超新星における元素合成過程
「rp-process(速い陽子捕獲反応過程)」にお

いて、陽子過剰な pf-shell 核領域の原子核は重要な役割を果たす。こういった元素合成に関わる原子核の生成過程(陽子・中性子捕獲)の反応率や、崩壊過程(電子捕獲や β 崩壊)の半減期などの特性は、宇宙の元素組成の起源を知るための重要な研究対象であり、天文学的に大変興味深い。

2. 研究の目的

本研究においては、rp-process に関わる ^{46}Cr の崩壊過程(β +崩壊)の研究を行う。

以下の2点を本研究の目的とする。

- (1) ^{46}Cr の β +崩壊の半減期を精度良く決定すること。
- (2) ^{46}Cr の β +崩壊に伴う γ 線を測定し、 β +崩壊の分岐比を高精度で決定すること。

これらを本研究においては、誤差5%以下での決定を目指す。

また、得られる実験データは、rp-process のシミュレーションにおいて必要とされており、精度良く知ることによって、計算をより信頼のおけるものにし、元素合成を理解するための貴重なデータとなる。

3. 研究の方法

研究のための実験は、理化学研究所の加速器施設に設置してある、東大 CNS の所有する CRIB 施設を用いて行う。

(1) CRIB 施設は、二つの双極子磁石などから成る質量分離器と速度分離器(Wien filter)から成る施設である。これらにより、生成・分離した不安定原子核を最終焦点面まで輸送し、 β 線検出などの測定を行う。

(2) AVF サイクロトロンより供給された ^{36}Ar ビームを ^{12}C 標的に照射し、核融合反応により生成された ^{46}Cr などの反跳生成核を、CRIB 施設を用いて質量分離、速度分離した後、最終焦点面まで輸送する。

(3) ^{46}Cr 以外の分離しきれなかった生成核も焦点面に輸送されるため、粒子識別を行う必要がある。粒子識別は、物質中のエネルギー損失の違いを利用した ΔE -E法、及び、 ΔE -TOF(飛行時間)法を用いて行った。 ΔE カウンターには、製作したガスイオンチェンバーを、EカウンターにはS/N比をあげ

るために位置検出型シリコン検出器を使用した。

(4) 半減期・分岐比の測定のために、 β 線・ γ 線の検出を行った。 β 線検出器としては、(3)においてEカウンターとして用いたシリコン検出器を、 γ 線検出器としては、クローバー型ゲルマニウム検出器を使用した。

(5) 実験結果から、半減期・分岐比の決定をする。半減期は β 線の崩壊曲線をフィッティングすることによって求める。分岐比は、シリコン検出器に打ち込まれた ^{46}Cr の数と、 β 崩壊に伴う γ 線のピークの個数の比から求める。

4. 研究成果

行った実験のデータ解析を行い、 ^{46}Cr の β +崩壊の半減期と分岐比を求めた。また、過去に報告されている値との比較を行った。

(1) 図1は解析により得た β 線の崩壊曲線である。これをフィッティングすることにより、 ^{46}Cr の β +崩壊の半減期 266(16)ms を得た。過去に報告されている半減期は、

260(60)ms・240(100)ms と誤差が20~40%程度と大きい、266(16)ms と誤差が6%程度と、精度の良い値を得ている。

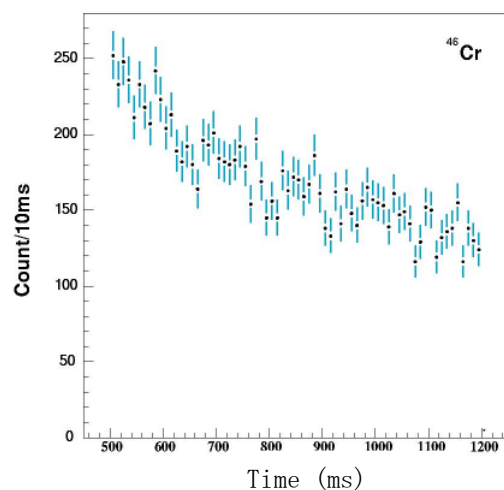


図1：崩壊曲線

(2) 図2は γ 線の崩壊曲線 ^{46}Cr の β +崩壊に伴う γ 線のピーク(993keV)の個数と打ち込まれた ^{46}Cr の総量の比を用いて、分岐比は、誤差は大きい、3.8(1.9)%を得た。過去に報告されている値(21.6(5.0)%)と大きく違うことを示した。この違いについて

は、現在解明中である。

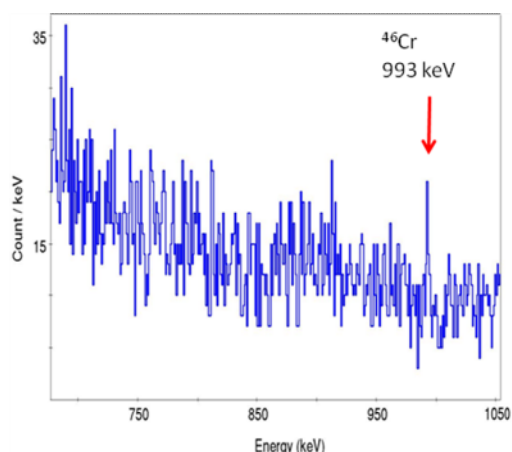


図2： γ 線スペクトル

(3) (1) (2)の結果を基に、日米物理学会合同核物理分科会(学会発表②)において、口頭発表を行った。

今回得られた結果は、元素合成の理解のための貴重なデータになるであろう。現在、学術雑誌への投稿に向け、より詳細な解析・議論を進めている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件)

① Y. Wakabayashi、H. Yamaguchi、T. Hashimoto 他10名、「Beta-decay half life of ^{46}Cr 」、CNS Annual Report、査読無、2009年度版、2010、印刷中

② Y. Wakabayashi、H. Yamaguchi、T. Hashimoto 他10名、「Half life measurement of ^{46}Cr 」、RIKEN Accelerator Progress Report 2008、査読無、42、2009、p.19

③ Y. Wakabayashi、H. Yamaguchi、T. Hashimoto 他10名、「Development of ^{46}Cr secondary beam for β -decay measurement」、CNS Annual Report、査読無、2008年度版、2010、p.25-26

④ Y. Wakabayashi、H. Yamaguchi、S. Hayakawa 他6名、「Development of the ^{46}Cr secondary beam」、RIKEN Accelerator Progress Report 2007、査読無、41、2008、p.25

⑤ Y. Wakabayashi、H. Yamaguchi、S. Hayakawa 他6名、「Development of the secondary ^{46}Cr beam produced by fusion reactions」、CNS Annual Report、査読無、2007年度版、2009、p.11-12

[学会発表] (計3件)

① Y. Wakabayashi、「Beta-decay measurement of ^{46}Cr 」、Third Joint Meeting of the Nuclear Physics Division of the APS and the JPS、2009/10/17、Hawaii

② 若林 泰生、「 ^{46}Cr のベータ崩壊の半減期測定」、停止・低速不安定核ビームを用いた核分光研究会(SSRI2008)、2008/12/25、大阪大学

③ Y. Wakabayashi、「Cryogenic gas target system for intense RI beam productions in nuclear astrophysics」、Origin of Matter and Evolution of Galaxies (OMEG07)、2007/12/5 (ポスター発表)、Sapporo, Japan

6. 研究組織

(1) 研究代表者

若林 泰生 (WAKABAYASHI YASUO)

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
先端基礎研究センター・博士研究員
研究者番号：80447359

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：