

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19740153

研究課題名（和文） s 過程終端核 Pb の中性子捕獲反応が拓く超金属欠乏星内重元素合成

研究課題名（英文） Neutron capture cross section for Pb isotope and nucleosynthesis

研究代表者

瀬川 麻里子（SEGAWA MARIKO）

日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用研究部門・研究職

研究者番号：00435603

研究成果の概要：

本研究では恒星内元素合成モデル（s-過程元素合成）の最終端 Pb に着目し、その同位体存在比を評価するために必要な中性子捕獲反応断面積の高精度測定を行った。高精度測定実現には不連続即発 γ 線検出法を用いた。この手法は宇宙核時計に関する研究で keV 中性子捕獲反応を高精度で測定する際に我々が開発したもので、原子核反応からの捕獲 γ 線のエネルギーを精度良く決定するため他の元素からの γ 線バックグラウンドと真の γ 線を識別でき、断面積の高精度測定が可能という特徴を有する。

本研究によって、過去の研究では観測されたことの無い keV 領域の中性子による ^{209}Pb からの不連続ガンマ線を世界で初めて精度良く検出し、そのガンマ線分岐比及び中性子捕獲反応断面積を誤差 10%程度で取得することに成功した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,500,000	0	2,500,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,000,000	150,000	3,150,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：核物理

1. 研究開始当初の背景

宇宙初期に最初に誕生した星は、ビッグバン後どれ位の時間を経て誕生したのか、またその星では一体どの様な元素がどの様なメカニズムで生成されたのか、最初の星がその後どの様な変遷を経て今日の銀河宇宙を形

成していき、軽元素から重元素に至る様々の元素を生成していったのかを理解する事は、我々の銀河宇宙の歴史を明らかにしていく上で大変重要で興味深い。

最近「スバル」等高感度の地上望遠鏡・天文衛星により、宇宙初期に生成されたと考えられる進化の進んでいない星（超金属欠乏

星)で中性子捕獲によって作られる重元素 Th(速い(r)中性子捕獲過程)、Pb(遅い(s)中性子捕獲過程)などが観測されるようになった。この元素組成比の解明のため、進化の進んだ太陽系での元素組成比をよく説明することが出来る s-過程元素合成模型を用い研究が進められている。この模型には質量数(A)が $A < 90$ 及び $90 < A < 200$ で「weak s-過程」と「main s-過程」がありかなりの成功を収めている。

しかし、この模型を用い観測された超金属欠乏星の元素組成比を予測したところ驚くべき結果となった。このような星では鉄の量が少ないため中性子が鉄に吸収される割合が少なく、より重い元素が有効に合成される。このため重元素(Pb)/中重元素(Ba)は進化の進んだ太陽に比べ数百倍高いとの予測されていた。また 2000 年、世界で初めて観測に成功した「スバル」での金属欠乏星 Pb/Ba 比は、太陽系と同程度というものであった。

これは超金属欠乏星での s 過程重元素合成模型の見直しを迫るもので、これら星での重元素の観測が可能になった今、妥当な s-過程重元素合成模型の構築が急務である。

2. 研究の目的

銀河の歴史を探るため初期宇宙に近い星の元素組成のうち Pb 等の重元素の存在比は従来の模型では説明できない。本研究では、質量数が 204 以上で s-過程の終端核としての特徴を有する鉛についてその中性子捕獲反応断面積を恒星内温度に相当するエネルギー(10-90 keV)で測定し、遅い中性子捕獲による元素組成についての妥当な模型構築に寄与する事を目的とする。

Pb 同位体は魔法数でありその捕獲断面積は小さく恒星内温度に相当するエネルギーで未だに有意な値が得られていないため、本研究により中性子捕獲反応断面積を高精度(～10%)で初めて決定する。

3. 研究の方法

本研究は中性子捕獲反応断面積の極めて小さい2重閉殻核である ^{208}Pb 原子核全断面積の捕獲反応直後に放出される不連続な即発線(真の信号)を測定する。

精度を決定する誤差には統計誤差と系統誤差があり如何にバックグラウンド(BG)を除去した環境で統計精度を上げるか、実験室固有の系統誤差をどう評価するか、いかに系統誤差を少なく断面積の絶対値を導出するかという点が鍵になる。

そこで、本研究ではパルス化中性子による PH&TOF リストモードでの即発線及び中性子測定システムを構築し、信号/BG 比を上げ系統誤差の少ないシステム開発を行った。また本装置では試料中の不純物からの BG-ガンマ線は除去できないため、不純物を含まない高濃縮試料を用い、上述の研究を行った。

4. 研究成果

本研究によって、過去の研究では観測されたことの無い keV 領域の中性子による ^{209}Pb 不連続ガンマ線を世界で初めて精度良く検出し、そのガンマ線分岐比及び中性子捕獲反応断面積を誤差 10%程度で取得することに成功した。

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 3件)

1. M. Segawa, Nuclear Instrument and Method A 投稿中
2. M. Segawa, Physical Review C, 76 (2007) 022802-1
3. M. Segawa, Proceeding of the 10th International symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies, 2007

[学会発表](計 4件)

1. 2009年 The 4th International Workshop on Nuclear and particle Physics at J-PARC
2. 2008年日本物理学会 秋季大会
3. 2007年 第62回 日本物理学会年次大会
4. 2007年 第10回 国際シンポジウム Origin of Matter and Evolution of Galaxies

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

なし

取得状況(計 0件)

なし

[その他]

なし

6. 研究組織

- (1)研究代表者:瀬川麻里子(SEGAWA MARIKO)
日本原子力研究開発機構・量子ビーム
応用研究部門・研究職
研究者番号:00435603