

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		蓄積冷却された放射性多価イオンによる宇宙元素合成の環境の研究			
研究テーマ (欧文) AZ		Radioactive decays of stored highly charged ions and nucleosynthesis			
研究氏 代表名 者	カタカナ CC	姓)ヤマグチ	名)タカユキ	研究期間 B	2011 ~ 2013 年
	漢字 CB	山口	貴之	報告年度 YR	2013 年
	ローマ字 CZ	Yamaguchi	Takayuki	研究機関名	埼玉大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		埼玉大学・准教授			
概要 EA (600 字~800 字程度にまとめてください。)					
<p>鉄からウランまでの重元素はいかにして生成されたのか？          これらの元素は太陽等の恒星内部での融合反応では作られない。宇宙における非平衡非球対称な特殊環境のもと、不安定原子核が関与する核反応網によって生成されたと考えられている。いくつかの過程の中でここでは中性子が関与するs-過程に着目する。s-過程は中性子密度の比較的低い赤色巨星などで原子核が中性子を吸収しながら、β崩壊して重い原子核を生成する。このような過程では途中で生じる不安定核のβ崩壊の性質が重要だが、星の内部のように原子が多価イオン化した状態では、β崩壊の寿命が大きく変わる可能性がある。たとえば、β崩壊で生じる電子が、自由空間に放出されず、娘核の原子軌道に束縛される現象が起こる。宇宙時計として有名な<sup>187</sup>Reでは寿命が500億年から9桁も速くなったという事例もある。我々は不安定核<sup>207</sup>Tlの束縛状態β崩壊の観測に成功している。</p> <p>本研究では重イオン蓄積リングに多価イオン状態の不安定核を閉じこめることにより、星の内部の環境を再現し、β崩壊の寿命精密測定を通じて宇宙元素合成過程を定量化することを目指している。蓄積リング中で飛行中にβ崩壊する現象をとらえるには、周回している間にβ崩壊した娘核が周回軌道から外れ、双極子電磁石下流の焦点位置に到達する事象を検出する必要がある。到達する粒子の位置は運動量によって異なるため、位置検出によってβ崩壊した娘核を同定する事が出来る。そのため本助成では蓄積リングβ崩壊実験の要となる高分解能位置検出器を開発した。高分解能位置検出器として有望なシリコンストリップ検出器と新しい配置のファイバーシンチレーション検出器を開発しビーム試験を行った結果、100 ミクロンを上回る十分な位置分解能を得る事に成功した。来年度予定している<sup>205</sup>Tlの束縛状態β崩壊実験をはじめ、多価イオンβ崩壊実験を系統的に行いさらなる知見を得る。</p>					
キーワード FA	蓄積リング	ベータ崩壊	多価イオン	元素合成	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Performance of high-resolution position-sensitive detectors developed for storage-ring decay experiments							
	著者名 <sup>GA</sup>	T. Yamaguchi et al.	雑誌名 <sup>GC</sup>	Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B					
	ページ <sup>GF</sup>	～	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	3	巻号 <sup>GD</sup>	10.1016/j.nimb.2013.07.056
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>								
	著者名 <sup>GA</sup>		雑誌名 <sup>GC</sup>						
	ページ <sup>GF</sup>	～	発行年 <sup>GE</sup>					巻号 <sup>GD</sup>	
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>								
	著者名 <sup>GA</sup>		雑誌名 <sup>GC</sup>						
	ページ <sup>GF</sup>	～	発行年 <sup>GE</sup>					巻号 <sup>GD</sup>	
図書	著者名 <sup>HA</sup>								
	書名 <sup>HC</sup>								
	出版者 <sup>HB</sup>		発行年 <sup>HD</sup>					総ページ <sup>HE</sup>	
図書	著者名 <sup>HA</sup>								
	書名 <sup>HC</sup>								
	出版者 <sup>HB</sup>		発行年 <sup>HD</sup>					総ページ <sup>HE</sup>	

欧文概要 EZ

How were the heavy elements from iron to uranium produced in the universe?  
 Elements heavier than iron are not produced through fusion reaction in stars. Instead, asymmetric and non-equilibrated explosive environments such as supernovae and neutron star mergers play an important role in their production. Today, it is thought that such elements were produced through nuclear reaction networks with beta decays of unstable nuclei. However, scientific evidence is still scarce. Among several processes of nucleosynthesis, we focus on the s-process, namely, the slow neutron capture process. The s-process occurs in AGB stars, which have relatively low neutron density. Nuclei absorb neutrons slowly and then undergo beta decays, resulting in elements having larger Z along the line of stability in the nuclear chart. Here, the properties of beta decays are important because atoms in stars are highly ionized. For example, decay electrons of fully ionized ions are not emitted in free space but are bound in atomic orbitals of daughter nuclei. This exotic decay mode is called bound-state beta decay. The lifetime of fully ionized <sup>187</sup>Re, famous for its use in cosmic clocks, reduced by 9 orders of magnitude. We succeeded in obtaining simultaneous observations of the continuum-state and bound-state beta decay of unstable <sup>207</sup>Tl. The goal of the present study is to quantify the environmental parameters of nucleosynthesis by using realistic beta decay lifetimes of stars. This can be realized by employing heavy-ion storage-ring spectroscopy coupled with a high-energy fragment separator. The nuclei of interest are produced through high-energy nuclear reactions and are separated in-flight by the fragment separator. Subsequently, they are injected and stored in the storage ring. The momenta of decay daughters of the stored ions are analyzed using the sector magnets of the storage ring, and the decay daughters reach the dispersive focal plane out of the storage orbit. A position-sensitive detector located at such a place provides particle identification information on the decay products. Therefore, the development of such detectors is crucial for in-ring decay spectroscopy. In the present study, we developed silicon strip detectors and a fiber scintillation detector. The beam test results showed excellent performance. The fiber scintillation detector with a new configuration showed a position resolution better than 100 μm. Both detectors will be applied to in-ring decay experiments at storage-ring facilities.