



9Beの1/2+準位測定

所属	甲南大学理工学部	ビームライン	BL01
利用者氏名	宇都宮弘章	利用分野	量子ビーム技術
利用年度	平成26年度	活用技術	ガンマ線利用

利用成果の概要

超新星爆発時の元素合成反応である $8\text{Be}(n,\gamma)9\text{Be}$ は 8Be が不安定原子核であるため実験室では直接研究できない。そのため、逆反応である 9Be の光分解反応 $9\text{Be}(\gamma,n)8\text{Be}$ の研究が行われている。利用代表者等によるレーザー逆コンプトンガンマ線ビームを使った産業技術総合研究所での実験(2001年論文発表)に続いて、デューク大学HIGS施設でレーザー逆コンプトンガンマ線ビームを使った実験が行われた(論文発表 2012年)。2番目の実験は、1番目の実験結果とは異なる結果(大きな反応断面積)を報告している。

NewSUBARU蓄積リングの電子ビームとCO₂レーザーの逆コンプトン散乱によって生成したガンマ線ビームを使って、 9Be の光分解断面積を中性子しきい値付近で精密測定した。この実験は、2001年発表の初代実験に比べて3つの点で優れている。一つ目は、レーザー逆コンプトンガンマ線の単色性が強いこと(エネルギー広がりが半値幅で1-2%)、二つ目は、逆コンプトン散乱のシミュレーションに電子ビームのエミッタンスを組み込むことでガンマ線ビームのエネルギー分布の決定精度が上がったこと、三つ目は、中性子検出器の検出効率が向上したこと(1 MeV以下の中性子エネルギーに対して60 - 75%)である。これによって反応断面積が精度よく決定できた。得られた結果は、利用代表者等による初代実験の結果に近く、HIGS施設で行われた実験の結果を支持しないことが判明した。

<利用目的>

レーザー逆コンプトンガンマ線ビームを用いて、超新星爆発時の 9Be 合成反応 $8\text{Be}(n,\gamma)9\text{Be}$ 反応の逆反応である $9\text{Be}(\gamma,n)8\text{Be}$ 反応を研究することを目的とした。

<実験方法>

NewSUBARU電子蓄積リングを入射電子エネルギー974 MeVから954 MeVまで減速モードおよび974 MeVから1121 MeVの加速モードで運転し、CO₂レーザー(CW)光子と電子ビームとの逆コンプトン散乱により1.63 MeVから2.11 MeVまでの22の異なるエネルギーでガンマ線ビームを発生した。ガンマ線ビームを直径25mm、長さ40mm、純度99%の 9Be 棒を照射し、 $9\text{Be}(\gamma,n)8\text{Be}$ 反応で発生した中性子を、高検出効率全立体角型中性子検出器で測定した。ガンマ線ビームを高純度Ge検出器で測定した。Ge検出器で測定したガンマ線ビームのエネルギースペクトル(応答関数)を、GEANT4モンテカルロシミュレーションコードを用いて解析し、ガンマ線の入射エネルギースペクトルを精度良く決定した。また、大型(直径8インチ×長さ12インチ)のNaI(Tl)検出器でガンマ線ビームを測定し、入射ガンマ線の個数を決定した。

<実験結果>

合計22のガンマ線エネルギーで $9\text{Be}(\gamma,n)8\text{Be}$ 反応断面積を導出した。得られた反応断面積は別紙(第70回日本物理学会年次大会講演予稿集)に示されている。2体の反応しきい値(1665 keV)の直ぐ上にピークを持つ幅の広い断面積が得られたが、2012年にArnold等がPhysical Review C誌に発表した結果[1]と比べると、ピーク断面積が1.25mbと小さく、ピークエネルギーはより2体の中性子しきい値に近いことが判明した。このピーク断面積は2001年に利用代表者等が論文発表した値[2]に近い。

文部科学省 [先端研究施設共用促進事業トライアルユース 成果報告]

兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所 ニュースバル放射光施設

〈成果の波及効果、今後の見通し〉

研究成果を第70回日本物理学会年次大会で口頭発表する。同じ物理学会で北大の加藤幾芳教授のグループが、「 ${}^9\text{Be}(\gamma, n)\alpha$ 反応断面積と ${}^9\text{Be}$ の $1/2^+$ 仮想状態」というタイトルで講演を行う。北大グループと実験結果について物理的な検討を行う。また、ブリュッセル自由大学のP. Descouvemont教授(理論家)が我々の新しい実験データに強い関心を示している。同教授にデータを提供することで理論的研究の発展を促す。今後、新しい反応断面積から天体核反応率を導出し学術雑誌に投稿する予定である。

〈図面等〉

お問い合わせ先 兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所
ニュースバル放射光施設 共用促進室
〒678-1205 兵庫県赤穂郡上郡町光都1-1-2
TEL : 0791-58-2543 FAX : 0791-58-2504
E-mail : kyoyo@lasti.u-hyogo.ac.jp
<http://www.lasti.u-hyogo.ac.jp/NS/>

しきい値領域での ${}^9\text{Be}$ の光核分解反応断面積の精密測定

甲南大理工、東大 CNS ^A、阪大 RCNP ^B、兵庫県立大 ^C、ELI-NP ^D

宇都宮弘章、片山誠太郎、河合義秋、今井奨、赤松勇樹、山口英斉 ^A、D. Kahl ^A、坂口裕司 ^A、嶋達志 ^B、高久圭二 ^B、宮本修治 ^C、山口将志 ^C、武元亮頼 ^C、
I. Gheorghe ^D

ニュースバル放射光施設で高度に単色化されたレーザー逆コンプトンガンマ線ビームを用いて、中性子しきい値付近に存在する ${}^9\text{Be}$ 核の $1/2^+$ 準位に対応する光中性子断面積を精密測定した。ターゲットには 25mm ϕ x 40mm, 99%の ${}^9\text{Be}$ 棒を用いた。

${}^9\text{Be}$ の光分解反応断面積は、超新星爆発時の ${}^9\text{Be}$ 核合成過程 $\alpha\alpha \rightleftharpoons {}^8\text{Be}(n,\gamma){}^9\text{Be}$ の逆反応断面積に相当する他、ポテンシャルバリアーのない s 波中性子がどのようにしてしきい値近傍に共鳴的な状態を作るかという原子核構造上の問題に関連する。

当該反応断面積は、これまで、放射性同位体の遷移ガンマ線や制動放射を使って測定された他、旧電総研でレーザー逆コンプトン (LCS) ガンマを用いて測定されている。最近デューク大学 HIGS 施設で LCS ガンマ線を使って行われた測定は、従来データと比べてピーク断面積で約 30% 大きい反応断面積を報告している。

この反応断面積の測定は、ガンマ線ビームで $\alpha\alpha n$ 3 体しきい値 (1573 keV) と ${}^8\text{Be}-n$ 2 体しきい値 (1665 keV) を掃過する必要があるため、単色性に優れたガンマ線を利用することとガンマ線のエネルギー分布を定量的に理解することが不可欠となる。左図は今回の実験で使用した LCS ガンマ線に対する高純度 Ge 検出器の応答関数を示す。GEANT4 シミュレーションによって応答関数は見事に再現されている。これにより入射ガンマ線のエネルギースペクトルを精度よく決定することができた。右図は得られた反応断面積を HIGS データと比較したものである。反応断面積のしきい値近傍の振る舞いは HIGS から報告されたものとは大きく異なっている。

