

陽子/クラスターノックアウト反応による原子核構造の研究
Nuclear Structure Studies using Proton/Cluster-Knockout Reactions
(12P051)

小林俊雄^a, 大津秀暁^a, 岩佐直仁^a, 奥田貴志^a, 大関和貴^a, 渡辺極之^a, 薬師寺崇^a,
松山芳孝^b, 高田栄一^c

T. Kobayashi^a, H. Otsu^a, N. Iwasa^a, T. Okuda^a, K. Ozeki^a, K. Watanabe^a, T. Yakushiji^a,
Y. Matsuyama^b, E. Takada^c

Abstract

We have studied (1) $p(^{11}\text{Be}, 2p)^{10}\text{Li}$ reaction for understanding the exotic ^{10}Li resonance, and (2) $p(^{15}\text{C}, 2p)^{14}\text{B}$ reaction for the deep proton hole states in neutron-rich nuclei, using ^{11}Be and ^{15}C beams at about 250 AMeV incident energy.

1. 研究概要

今年度は、

- (1) ^{10}Li 共鳴状態のS波共鳴を選択的に生成して構造を調べる為の $p(^{11}\text{Be}, 2p)^{10}\text{Li}$ 反応、
 - (2) 中性子過剰炭素同位体 ^{15}C の深い陽子空孔状態を調べる為の $p(^{15}\text{C}, 2p)^{14}\text{B}$ 反応、
- の測定を行った。

2. 研究経過と結果

(2-1) 前方磁気分析器の修理と整備

昨年度ノックアウト反応で生成され超前方に放出される残留核や崩壊粒子を測定する前方磁気スペクトロメータがほぼ完成した。磁石本体は旧核研で用いられてきたH型電磁石を使ったが、製造が古く、片側のコイルがショートして磁場が時間的に変動する問題が生じた。今年度はコイルの修理を行い磁場0.8 Teslaでの安定した動作が可能になった。この磁気分析器により、残留核やその崩壊粒子の原子番号と質量数の測定が可能となり、ノックアウト反応で生成された残留核の崩壊様式測定という逆運動学の特徴を最大限生かせるようになった。

(2-2) SB2ビームラインのビーム光学の確認

平成13年度から、これまで使用していたSB1ラインは治療専用になり、新たに製作されたSB2ラインを実験に用いた。SB2ラインの通常配置では、最終焦点F3と壁の距離が約3mであり、全長約5mある当実験の測定器系が置けない。その為図1の様に、通常F2-F3間に置かれる3連4重極磁石を移動し、F2の直後に検出器系を置いた。しかし検出器系をF2直後に置く為、バックグラウンド等の増加が考えられる。F2には、F1でのくさび型デグレーダ

ーによって分離された各種同位体を止める質量スリットが置かれるが、そこを通り抜ける軽い粒子(中性子過剰核の測定では主に ^3H , ^6He 等)が直接検出器系に入る事によって生じるバックグラウンドである。

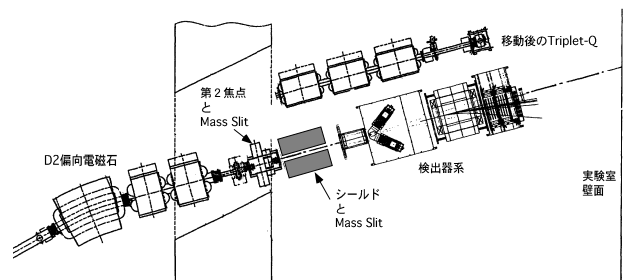


図1: 実験配置図

実験状況下で色々なシールドによる効果を調べ、最終的には厚さ50cm程度の鉄製シールドを用いる事でなんとか測定が可能となった。しかし、(1) $A/Z=3$ の ^3H , ^6He , ^9Li 等による実験が不可能である事、(2) 独立な収束エレメントが無くなった事から2次標の上でのビームの大きさが増加する、等の問題点が残っている。

又、ビームラインの変更に伴う大量の信号線の更新も行い、以前とほぼ同じ状態でデータ収集が行えるようになった。

(2-3) $p(^{11}\text{Be}, 2p)^{10}\text{Li}$ 反応による ^{10}Li 共鳴状態の研究

中性子ハロー核 ^{11}Li の構造の理解には $^{10}\text{Li}(^9\text{Li}+n)$ 共鳴状態の構造の理解が必要不可欠である: 特に ^{10}Li の基底状態付近のp波/S波共鳴の位置が重要である。p波共鳴は比較的良く知られているので、外殻中性子がs波($2s_{1/2}$)軌道にある ^{11}Be から(p,2p)反応で陽子を弾き出し、 ^{10}Li のs波共鳴を選択的に生成する事を試みた。 ^{13}C 1次ビームから生成した、エネルギー約250 MeV/A、強度約 $90 \times 10^3/\text{spill}$ (3.5秒)の $^{10,11}\text{Be}$ ビームを用いて $p(^{10,11}\text{Be}, 2p)^{9,10}\text{Li}$ の測定を行った。この測定は昨年度にも行ったが、統計の不足と、前方磁気分析器の磁場がlayer shortにより変化していた為、再度測定を行った。今回は、 ^{10}Li の崩壊からの中性子と ^9Li との相関を調べる為に、前方5度程度を覆う8本の中性子検出器(面積100cm x 50cm)を置いて約

250MeV 中性子検出を試みたが、前方磁石の曲げ角が小さい為に中性子検出器に荷電粒子が大量に入射し、そのバックグラウンドの為に意味のある結果は得られなかったと思われる。

結果は解析中であるが、図 2 の様に ${}^9\text{Li}+n$ threshold 近くの構造が観測された。

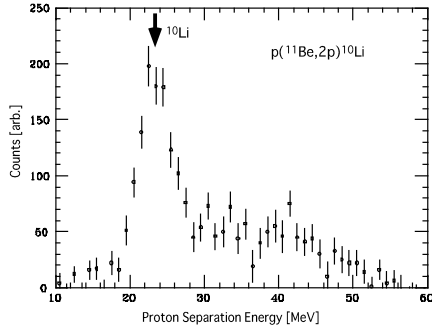


図 2 : $p({}^{11}\text{Be},2p){}^{10}\text{Li}$ 反応の陽子分離エネルギー分布

(2-3) $p({}^{15}\text{C},2p){}^{14}\text{B}$ 反応による中性子過剰炭素同位体の深い陽子空孔状態の研究

中性子過剰核では、陽子はより深く束縛される：外殻陽子の分離エネルギーは、 ${}^9,{}^{12},{}^{19}\text{C}$ で各々 1.4, 16.0, 27.0 MeV である。中性子過剰核側での $1\text{S}_{1/2}$ 陽子準位の空孔状態の変化を調べる為に、これまでの ${}^9,{}^{12}\text{C}$ 核での陽子空孔状態の測定に加え、中性子過剰核 ${}^{15}\text{C}$ を用いた $p({}^{15}\text{C},2p){}^{14}\text{B}$ 反応の測定を行った。又、 ${}^{15}\text{C}$ と ${}^{14}\text{B}$ は基底状態が中性子 $2\text{s}_{1/2}$ 状態であり、核構造の点でも興味深い。測定は、 ${}^{18}\text{O}$ 1次ビームから生成した、エネルギー約 250 MeV/A、強度約 $1 \times 10^5/\text{spill}(3.5 \text{ 秒})$ の ${}^{15}\text{C}$ ビームを用いて行った。

このデータもまだ解析中であるが、preliminary な結果を示す。 $(p,2p)$ 反応で生成された空孔状態の崩壊後の B 同位体は、図 3 に示すように前方検出器系で分離され、空孔状態の崩壊様式が同定される。

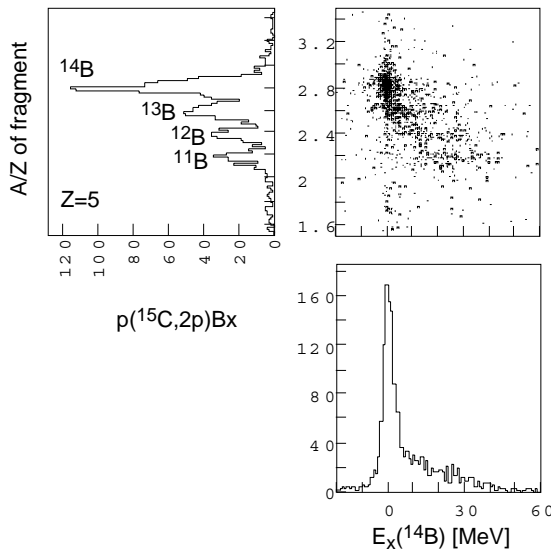


図 3 : $p({}^{15}\text{C},2p){}^{14}\text{B}$ 反応で ${}^{14}\text{B}$ 励起エネルギーと前方粒子質量の相関

前方に放出された B 同位体ごとに、空孔状態の励起エネルギー分布を調べると、図 4 の様に深い陽子空孔状態は殆ど中性子のみを放出して崩壊しているという面白い現象も観測された。

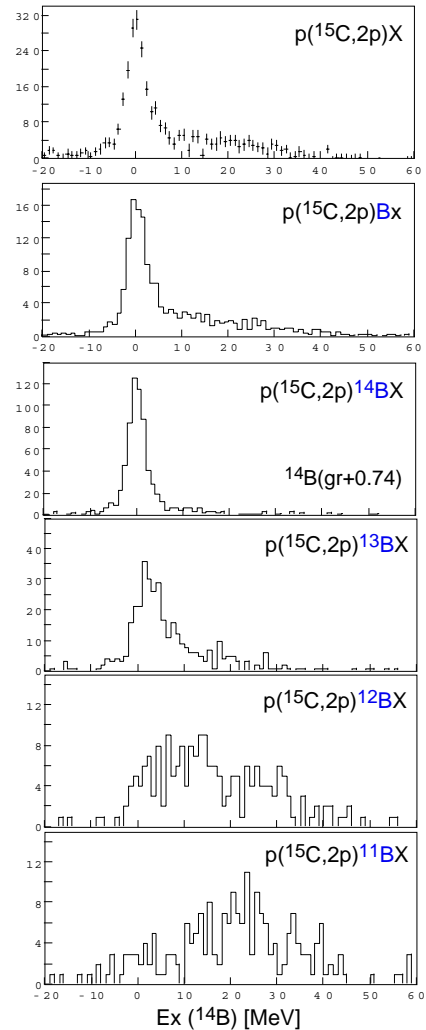


図 4 : $p({}^{15}\text{C},2p){}^{14}\text{B}$ 反応での ${}^{14}\text{B}$ 励起エネルギー分布と崩壊様式

3. まとめと今後

現在の問題点としては、

- (1) 検出器用回路の不足から、高強度 2 次ビームに充分対応できない事。
- (2) 深い空孔状態からの陽子放出崩壊では、陽子標的の代用として用いている CH_2 中の炭素による background が非常に多い事。

等が挙げられる。

後者に関しては、厚さ 5mm 程度の固体水素標的のめどがたった為、その製作を完成させ background の少ない状況で測定を継続する予定である。