

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
(10P051)

小林俊雄^a, 大津秀暁^a, 氏家徹^a, 奥田貴志^a, 関口昌嗣^a,
福田直樹^b, 松山芳孝^c, 沖花彰^d, 高田栄一^e
T. Kobayashi^a, H. Otsu^a, T. Ujii^a, T. Okuda^a, M. Sekiguchi^a,
N. Fukuda^b, Y. Matsuyama^c, A. Okihana^d, E. Takada^e

Abstract

As a first proton-knockout reaction from secondary nuclear beams above 200A MeV, we have performed $p(^9\text{C},2p)$ measurement using secondary ^9C beams at 250A MeV. By measuring two protons from the quasi-free proton-proton scatterings and projectile fragments in the forward direction, separation energy and momentum distribution of bound protons in ^9C , and decay modes of excited ^8B were studied.

1. 研究目的

安定線から離れた原子核中の単一粒子軌道に関する情報を得る為と、安定線外側のエキゾチック共鳴状態の探索の為に、HIMAC施設で得られる高エネルギー2次原子核ビームからの陽子/クラスターノックアウト反応の実験を行っている。これは、核内陽子が陽子陽子準弾性散乱により核内からはじき出されて空孔状態を作る反応である。反応過程が準弾性的である為には、入射エネルギーが核内核子の束縛エネルギーや運動量に比べて充分高い必要があり、他の施設より高いエネルギーのビームが使用できるHIMACでの実験に適している。実際には、陽子過剰核ビームからの(p,2p)反応による陽子過剰核の単一粒子軌道の研究と、中性子過剰核ビームからの(p,p³He)反応によるエキゾチックな共鳴状態の探索に的をしばって行う予定である。

2. 実験方法

今年度は、まず昨年度に続き、初めての2次ビームによる陽子knockout反応の測定に必要な検出器系を製作/整備した。

(1) ビーム検出器系： 2次ビームのエネルギー測定、粒子識別、2次標的へ入射するビームの位置/方向測定に用いられる。これは、F1/F2/F3に置かれたplastic scintillation検出器と、標的直前の

drift chamberから成る。

(2) 陽子検出器系： 陽子陽子の準弾性散乱過程から放出される2個の陽子のエネルギーと方向を、実験室系45度付近で測定する。2つの腕を持つテレスコープから成り、各腕は、位置/方向を測定するdrift chamber、dE測定用plastic scintillation検出器、陽子の全エネルギーを200MeV程度まで測定するNaI(Tl) scintillation検出器で構成されている。

(3) 前方検出器： 陽子knockout反応で出来た残留核、又はそれからの崩壊粒子を前方で検出する。位置/方向を測定するdrift chamberと、dE測定用のplastic scintillation検出器から成る。この測定により、残留核の崩壊様式がわかる。

2次ビームラインの第3焦点に設置された検出器系を図1に示す。

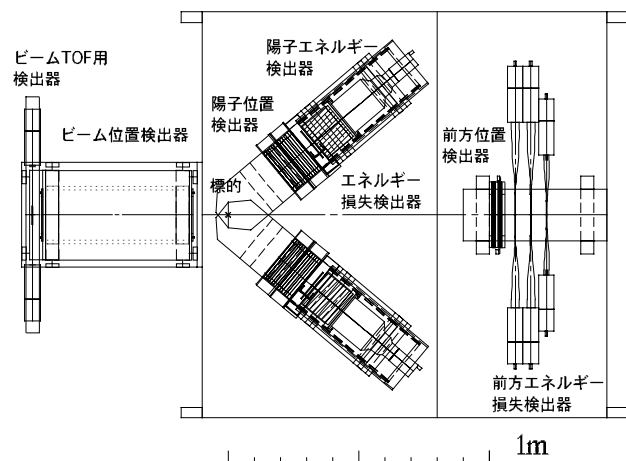


図1：第3焦点に置かれた検出器系

3. 実験結果

初めての2次原子核ビームによる陽子knockout反応の測定に、 ^9C を用いた。この原子核は炭素同位体で最も陽子過剰であり、又最外殻陽子の束縛エネルギーが1.3 MeVと小さい弱束縛核である。400A MeVの1次 ^{12}C ビームから約250A MeVの2次 ^9C ビームを作り、強度は約 7×10^3 /秒程度得られ

た。粒子の強度を上げる為に、運動量分散は約5%（エネルギー分散は約25A MeV）で用いたが、F1-F3間の約17mでTOFを測定する事により、約1.6A MeV(rms)の精度で2次ビームのエネルギーを決定できた。問題であった、F1での高計数率（1MHz以上）も、光電管にboosterを付ける事でほぼ対応できた。

2個の陽子の4元運動量から、反応でknockoutされた陽子の分離エネルギー（一粒子軌道の深さ）が求まる。分離エネルギーを残留核である ^8B の励起エネルギーに直したpreliminaryなスペクトルを図2に示す。このスペクトルでは、ポリエチレン標的中の炭素からのバックグラウンドは差し引いてある。スペクトル中で点線で示した巾広いバックグラウンドと思われる成分は、NaI(Tl)検出器のエネルギー校正が不十分な為生じた物と考えている。

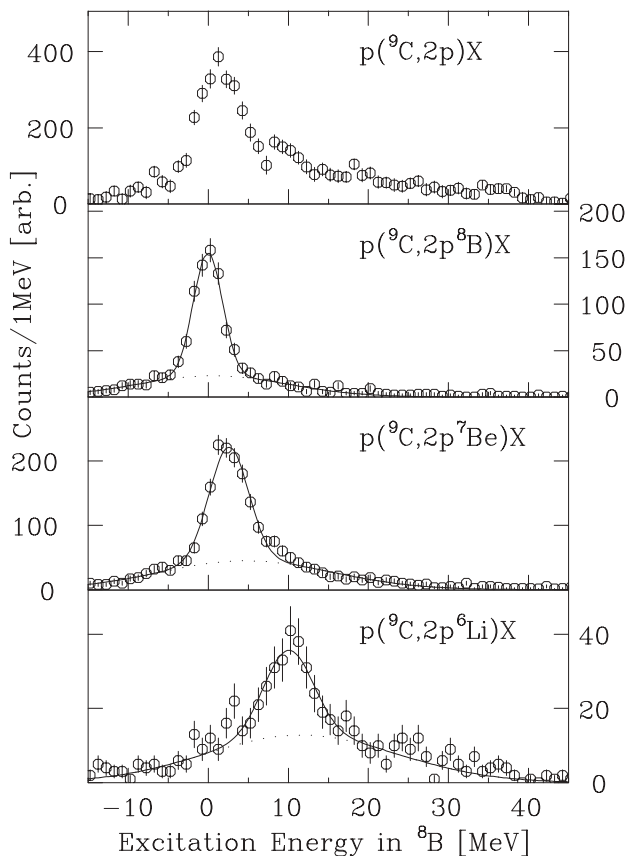


図2： $p(^9\text{C},2p)\text{F}$ 反応での ^8B 励起エネルギー分布 Preliminaryな結果。

最上段の図は全てのイベントに対応が、このイベントを前方に放出された粒子で分類する事により、前方に ^8B 、 ^7Be 、 ^6Li が放出される場合は各々、

^8B の基底状態、励起エネルギー2.6MeV、励起エネルギー約10MeVの状態に対応する事がわかる。 ^8B 基底状態の中から、測定器系によるエネルギー分解能は約2.0MeV (rms)である事がわかった。

実験が1月に行われた為、解析はまだ不十分であるが、以後、分離エネルギー分布（一粒子軌道）ごとの陽子の運動量分布を、2個の陽子の測定から求めたmissing momentumと、前方粒子の散乱角から独立に求めて比較する予定である。

検出器の準備と平行して、早いデータ収集系の開発を行った。これは、J11-frontend processorの代替候補の一つであるKINETIC-3976 (68EC030)をACCとして使い、backendはLinux baseのPCを2台用いる方式である。1台のPCはACCからDAT/DISKへの転送専用、もう一台のPCはNetwork経由で送られたデータのオンラインモニター用に使われる。このACCは、memory容量の大きさから、beam-on時はデータをACCにのみ転送し、ACCからDAT/DISKへのデータ転送はbeam-off時に行う事でdead timeを減らす事ができる。実際の測定では、LRS-PCOS3、4290-TDC等の読出回路からの約80wordを、conversion timeを含めて約300msec程度で処理する事が出来ている。

4. まとめ

今回、実験に必要なほぼ全ての検出器系が完成した。2次 ^9C ビームを用いた測定から、2次ビームを逆運動学で用いる陽子knockout反応は、方法論として、ほぼ確立出来たと言う事ができる。以後幾つかの例で陽子knockout反応を測定すると共に、初期の目的の一つであるクラスター（ ^3He ）knockoutの測定も行いたいと考えている。

-
- a. 東北大理学部 b. 東大理学部 c. KEK 田無
d. 京都教育大理学部
e. 放医研 医用重粒子物理工学研究部