

# PARASITIC EXPERIMENT USING ELECTRON BEAM

Sachiko ITO, Hideaki ITO, Osamu KONNO, Masamichi OIKAWA,  
 Teijiro SAITO, Yosuke SUGA, Tadaaki TAMAE, Tatsuo TERASAWA,  
 Masakatsu MUTO and Masumi SUGAWARA  
 Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University

## Abstract

A test of the new beam line for parasitic photo-nuclear experiments was performed using a continuous electron beam from the pulsed beam stretcher. A good beam quality for such kinds of experiments has been obtained.

## 電子線によるパラサイト実験

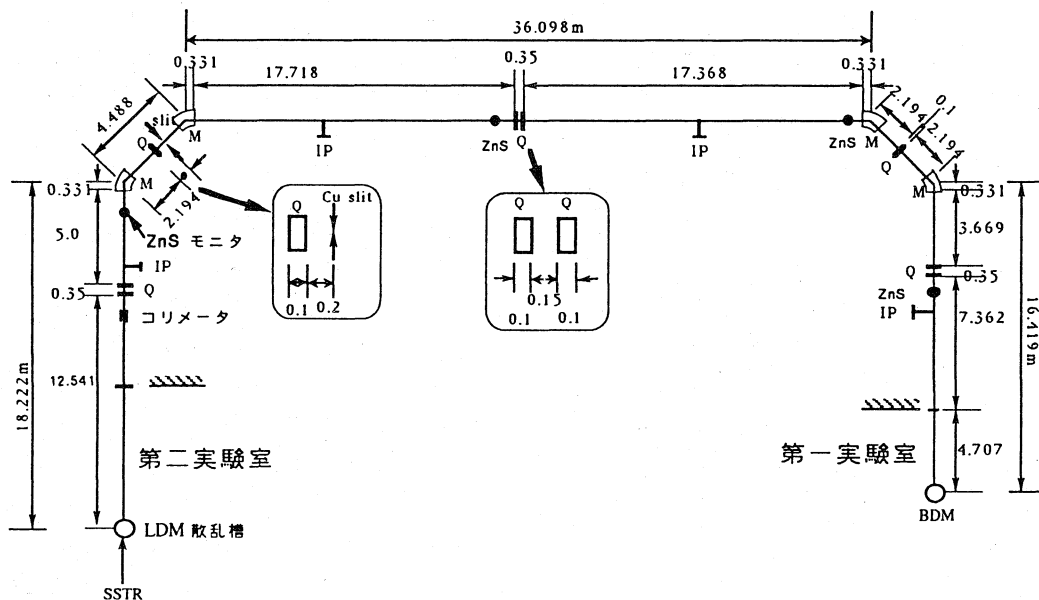
### 1. はじめに

東北大学理学部附属原子核理学研究施設では、平成4年度～平成6年度の科研費の補助により、第2実験室と第1実験室を結ぶ全長約80mに達する新ビーム輸送系の建設を行った。建設の目的の一つは、第2実験室に設置されている150MeVパルスストレッチャー (SSTR) からの連続電子線を第1実験室に輸送する事により、第2実験室と第1実験室で連続電子線を用いた原子核実験の同時実施を可能にする事にある。このため第2実験室で標的通過後の電子ビームを本輸送系を用いて第1実験室に導き、ビーム性能の測定を行った。第

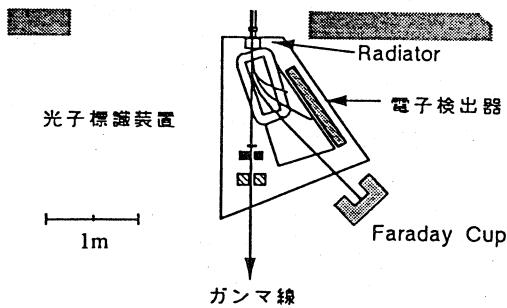
1実験室で行われるパラサイト実験としては使用ビーム強度の低い標識光子による光核反応実験が最適と思われるため、ビーム性能の測定は実際に光子標識装置を使用して行われた。

### 2. ビーム輸送系

第1図にビーム輸送系の概略図を示した。系は三個所の直線部と二個所の90°偏向系によって二つの実験室を結んでいる。90°偏向系はM-Q-M無分散系を構成し、最初の90°偏向系にはエネルギー分析用のスリットが置かれている。直線部のビーム収束は各々一對のQ-電磁石対により行われ、直



第1図 新ビーム輸送系



第2図 第一実験室配置図

線部の距離が長いため、地磁気補償用のコイル(巻数2)が全長にわたって張られている。第1の直線部のほぼ中間点には内径1cmの銅製コリメータが置かれ、輸送ビームのエミッタンスを数mm-mradに限定している。光学系の詳細は前回のリニアック技術研究会で報告した[1]。ビームダクトには直径50mmのAl製真空ダクトを用い、イオンポンプ4台及びターボポンプ3台からなる真空系で全長にわたり $10^{-7}$ Torrの真空度を得ている。輸送ビームの形状は各直線部に置かれた4台の蛍光板(ZnS)モニターにより監視される。

### 3. 加速器からのビームによる輸送テスト

輸送系出口の第1実験室に光子標識装置を設置し、加速器からの $E_0=130$ MeVの電子ビームを輸送してビーム性能の測定を行った。第2図に輸送系末端の配置図を示す。

#### 3.1 ビーム透過率

直流ビームに対する適当なビーム電流測定装置が無かったため、ビーム透過率の測定は電子リニアックのバルスビームを輸送し、コアモニターにより電流値を観測する事によって行った。第2実験室散乱槽内に較正されたコアモニターを、又、第1実験室ではFaraday Cupを置いて輸送ビームの強度を測定したところ、第2実験室で $3\mu\text{A}$ の電流値に対し、第1実験室で $1\mu\text{A}$ の出力が得られた。この時、 $90^\circ$ 偏向系のスリットは全開であり、この値(透過率 $=1/3$ )は本輸送系の最大値を示していると考えられる。次に、SSTRからの直流ビームを用い、第2実験室に標的を置いた場合の透過率の変化を測定したところ、厚さ $104.16\text{mg}/\text{cm}^2(2.34 \times 10^{-3}\text{r.l.})$ の炭素標的を入れた場合、第1実験室のビーム電流値は標的が無い時の $1/10$ であった。SSTRからの取り出しビームのエミッタンスは $\sim 20\text{mm-mrad}$

であり、標的通過後の多重散乱によるエミッタンスの増加分は $\sim 50\text{mm-mrad}$ と見積もられる事から、 $(20/(50+20))^2=1/12$ となり、透過率の変化は入射エミッタンスの増加による事が確かめられた。

#### 3.2 ビーム形状

光子標識装置のradiator位置での電子ビームの形状を蛍光板モニターにより観測した結果、収束ビームのビーム径は $2\text{mm}\phi$ であった。この値は第2実験室でのビーム径 $\sim 5\text{mm}\phi$ に較べ小さく、良好なビームが通過してきている事を示している。さらに、光子標識装置に $1/1000\text{r.l.}$ のradiatorを入れて $\gamma$ 線の形状を求めたところradiatorから $2\text{m}$ の位置で $\sim 7\text{mm}\phi$ のスポットサイズが得られた。この値は、第2実験室での標識光子の大きさに較べ $1/2$ である。

#### 3.3 輸送ビームのエミッタンス

radiator位置及び光子標識装置出口での電子ビームの大きさから輸送ビームのエミッタンスの概略値を求めた。

$$\text{radiator: } \Delta x_1 = 2\text{mm}$$

$$\text{出口: } \Delta x_2 = 3\text{mm}$$

$$\text{飛行距離: } L = 200\text{mm}$$

$$\varepsilon_{out} \sim \Delta\theta_1 \cdot \Delta x_1 = \frac{(\Delta x_2 - \Delta x_1) \cdot \Delta x_1}{L} = 1\text{mm-mrad}$$

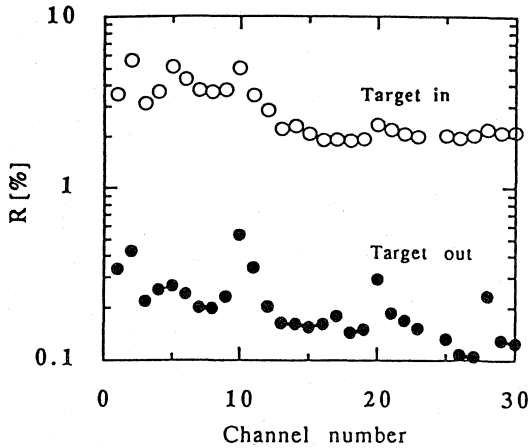
#### 3.4 低エネルギー電子の混入率

輸送系の途中での散乱によりエネルギーを失った電子が主ビームに混入する事は実験にとって大きな障害となる。特に標識光子による実験では薄いradiatorを使用するため標識電子に対する混入電子の割合は実験精度を左右する。我々は、radiator有、無の場合の低エネルギー電子( $0.2 \sim 0.8E_0$ )の数を電子検出器で計数して混入電子の割合を求めた。この場合混入電子の割合, $R$ ,は

$$R = \frac{\text{radiator無}}{\text{radiator有}} = \frac{\text{混入電子数}}{\text{標識電子数} + \text{混入電子数}}$$

で与えられる。第2実験室散乱槽内に標的( $^{12}\text{C}:13.38\text{mg}/\text{cm}^2$ )を入れた場合と入れない場合について測定した $R$ の値を第3図に示した。標的が無い場合には $R$ は $0.1 \sim 0.3\%$ であるから標的を入れると $R$ は $1 \sim 3\%$ となり混入率は1桁上昇する。しかし、第2実験室での標識光子実験の場合SSTR内で発生した混入電子の混入率が $5 \sim 10\%$ 程度であったのに較べると、この値は非常にクリーンなビームが得られている事を示しており、第1実

験室でのパラサイト実験に支障の無い事がわかった。radiatorの厚さが $10^{-3}$ r.l.である事から、主ビームに対する低エネルギー電子の混入率は $10^{-6}$ 程度と推定される。



第3図 標識電子に対する混入率

### 3.5 標識効率

標識効率とは、電子検出器で検出された全電子数に対する標識光子数の割合である。radiatorからの $\gamma$ 線を鉛ガラス・チェレンコフ検出器で検出し、電子検出器との同時計数を行う事で標識効率を求めた。得られた標識効率は約60%で、第2実験室での値と大きな差は見られなかった。

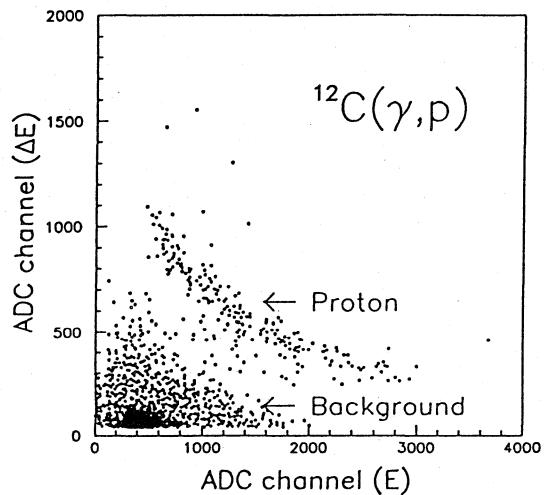
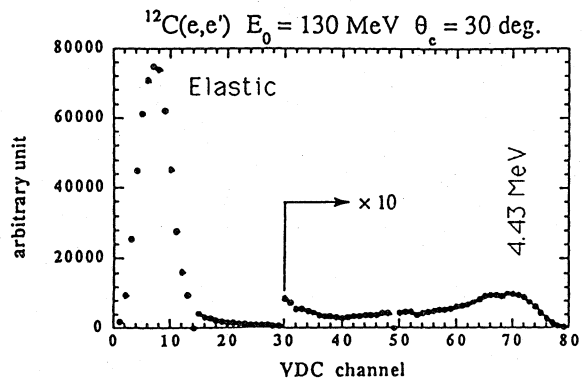
### 3.6 デューティファクター

第2実験室でのSSTRからの取り出しビームと、輸送系通過後の第1実験室でのビームのデューティファクターを比較したところ、SSTRからのd.f.=80%のビームに対し輸送系通過後は平均してd.f.=50%に減少している事がわかった。この原因は、SSTRからのビームの輸送系に対する入射角度が1バースト内で時間的に変化している為と思われる。第2実験室の標的通過後のビームに対してもこの事情は変わらなかった。デューティファクターの悪化を改善するためには、輸送系入射部にバーストに同期したdeflectorを設置して入射角度を一定に保つ等の方策が必要であると思われる。

## 4. 新ビーム輸送系を使用した光核反応実験

新ビーム輸送系を用い、第2実験室では $^{12}\text{C}(e,e')$ 反応を、第1実験室では標識光子を用いた $^{12}\text{C}(\gamma,p)$

反応の測定を行った。実験は同一ビームタイム内で行われたが、機器の都合で、完全な同時実施にはなっていない。第4図に第2実験室で得られた散乱電子スペクトルと第1実験室で得られた $^{12}\text{C}(\gamma,p)$ 反応の放出陽子弁別のための $\Delta E$ -E相関図を示す。 $^{12}\text{C}(\gamma,p)$ 反応に関しては解析途中のためスペクトルを示すことが出来ないが、陽子弁別は明確に行われており、従来の第2実験室に於ける標識光子実験に比較して同等以上の品質のデータが得られているものと思われる。実験時のビーム強度は第2実験室で100nA、第1実験室で1nAで両実験にとって十分な強度であり完全なパラサイト実験の可能性が確かめられた。



第4図 上: 散乱電子スペクトル  
下: DE-E 相関図

### 参考文献

- 1) H.Itoh et al., "New beam transport system for parasitic experiments", Proceedings of the 17th Linac meeting, Sendai, 228(1992)