

2024年1月5日

加速器インターンシップ終了報告書

九州大学 工学部融合基礎工学科 3年
塩津 竜士

1. はじめに

今回のインターンシップはミュオンの基礎測定に関する理解を深めるため、反保元伸先生の指導のもと2023年12月13日～2023年12月15日の三日間に渡って行われました。2020年「はやぶさ2」が持ち帰った小惑星リュウグウの試料分析を行うのに実際に利用された『ミュオン基礎科学実験装置 (Muon D2)』を使用してミュオン測定の基礎を学ばせていただきました。

2. 実習内容

2.1. 低エネルギーミュオンビームの構造を特定する

2.1.1. 目的

ミュオンビームは単純な一直線の構造をとっているわけではなく、3次元的な広がりを持っている。今回の実習ではそのミュオンビームの構造を特定・可視化することを目的として行なわれた。また7MeV/cの低エネルギーミュオンビームの飛程がどれほどなのかを特定することも目的の1つであった。

2.1.2. 実験概要

ミュオンは対象物にぶつかり運動量がゼロになるとそこに留まり続けるという性質を持っている。この性質が対象物に傷をつけることなく構造を透視することを可能にしている。

今回試料として用いたマグネシウムはミュオンと反応すると ^{24}Na が生成される。しかし ^{24}Na は不安定であるため半減期が約15時間という速さでX線を放出しながらMg原子へと崩壊していく。今回の実験ではこのX線を観測することで、どの厚さの層に何個のミュオンが到達しているかを求めた。

厚さ $4.5\mu\text{m}$ のアルミニウム箔1枚と厚さ $2\mu\text{m}$ のマグネシウム箔を10枚重ねたものを真空チャンバーに設置し、7MeV/cでミュオンビームを照射する。ここでアルミニウム箔をマグネシウム箔の1枚目の前に設置した理由は、 ^{24}Na 原子の生成数のピークがアルミニウム箔の4～5枚目になるように調整するためである。またアルミニウム箔、マグネシウム箔のサイズはどちらも $100\text{mm}\times 100\text{mm}$ とした。

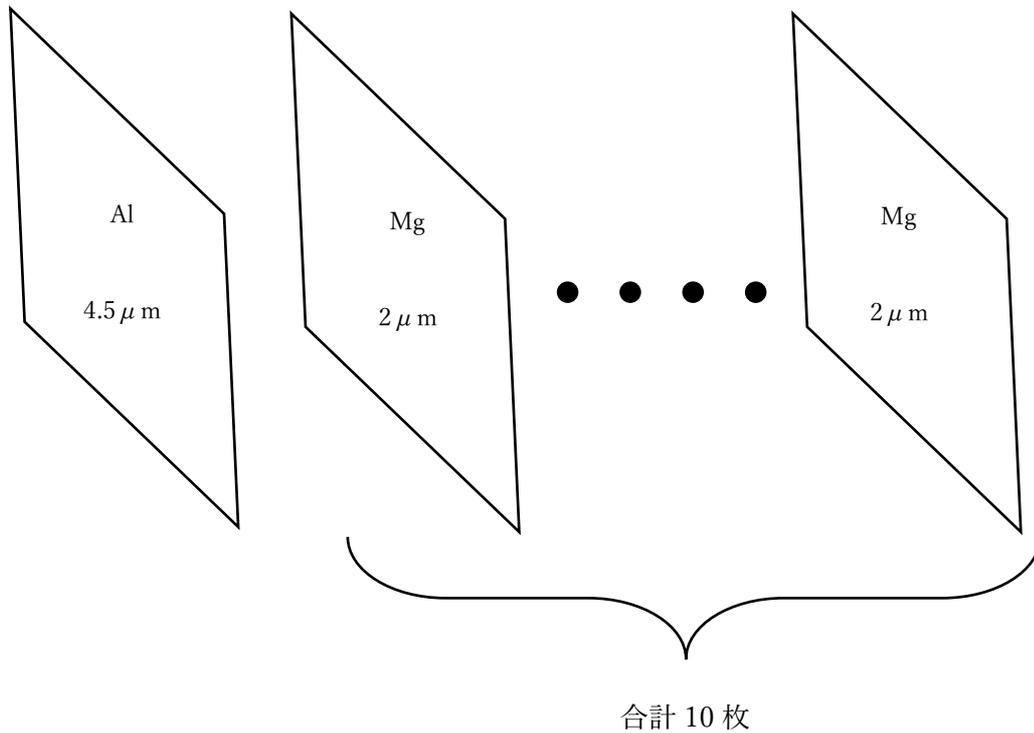


図1 アルミニウム箔、マグネシウム箔の設置法

ビーム照射終了後真空チャンバーから取り出し、それぞれのマグネシウムシートを剥がしてIP（イメージングプレート）に貼り付け、放出されるX線スペクトルを十分な時間測定した。測定して得られた ^{24}Na 原子の生成数からビーム照射終了直後の ^{24}Na 原子の数を算出するには以下の式を用いた。

$$N = N_0 \exp\left(-\frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} t\right)$$

N ：時刻 t における ^{24}Na 原子の数

N_0 ：ビーム照射終了直後の ^{24}Na 原子の数

$T_{\frac{1}{2}}$ ：半減期

IP Reader の測定開始時刻を $start$ 、測定終了時刻を $stop$ とすると、

$$N = \int_{start}^{stop} \frac{dN}{dt} \cdot dt$$

$$= \int_{stop}^{start} N_0 \cdot \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot \exp\left(-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t\right) dt$$

この積分計算を行うことでそれぞれのマグネシウム箔におけるビーム照射終了直後の²⁴Na原子の数 N_0 を求めることができる。

2.1.3. 測定結果

図1に示すように厚さ $8.5\mu\text{m}$ (Mgシート2枚目)の地点に²⁴Na生成個数のピークが見られた。

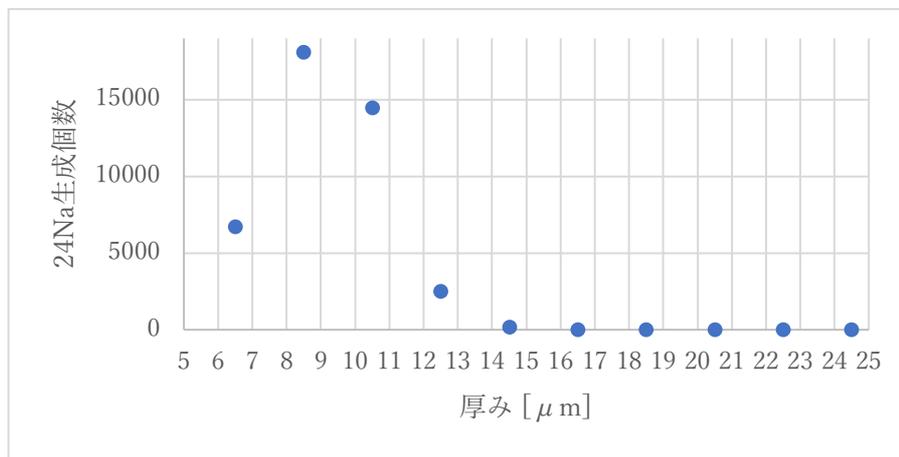


図1 ²⁴Na生成個数と厚みの関係

またImageJというソフトを用いて1~4枚目のMgシートに生成された²⁴Naの放射能区間分布を可視化すると図2のようになった

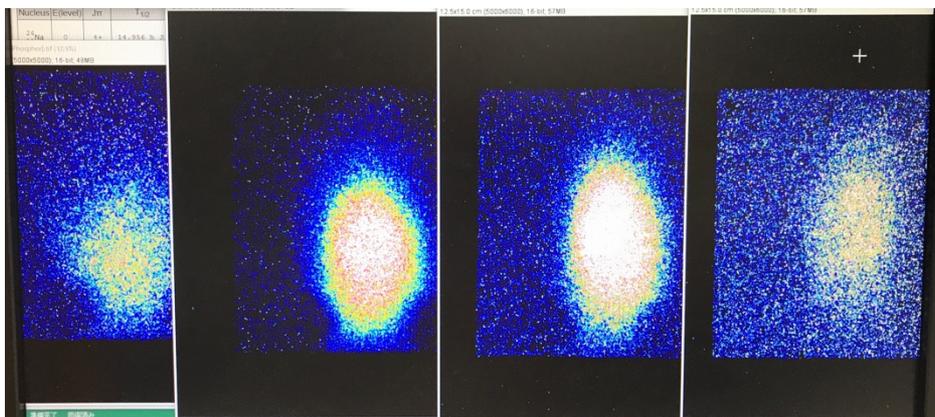


図2 ²⁴Naの空間分布

3. 最後に

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設の皆様には事前準備の段階から大変お世話になりました。梅垣先生には自分の入構手続きの不備等のフォローアップを迅速に行なっていただき大変感謝しております。また反保先生を初め研究室の方々からは放射線を用いた実験の基礎を教えていただきとても学びになりました。実習内容に関わらず進路相談等にも乗ってくださり、今後自分が進んでいきたい道がより明確になるきっかけになりました。本当に貴重な機会を設けていただき嬉しく思っています。最後に今回のインターンシップに関わってくださった KEK の方々、そして KEK 未来基金事業へ寄付し今回の事業を援助してくださった皆様に感謝の意を申し上げたいと思います。