

# CERN Summer Student Programme 2025 活動報告

大阪大学 理学研究科 物理学専攻 博士前期課程 1年

田中 玲奈

tanaka@ne.phys.sci.osaka-u.ac.jp

2025年(令和7年)8月27日

## 1 はじめに

私は6月30日から8月22日までの8週間、CERN Summer Student Programme 2025に参加した。本レポートではこのプログラム中の活動について報告する。

## 2 活動

### 2.1 講義

7月1日から8月1日の午前中は、素粒子物理学や加速器に関する講義を受けた。学部生やエンジニアを専攻する学生もいたため、当初は基礎的な内容が中心であったが、講義が進むにつれて専門的な内容も含まれるようになり、1コマ45分という短い時間で全てを理解することは難しかった。休み時間に講師の周りに学生が集まり、議論を交わしている姿が印象的だった。

### 2.2 施設見学

CERN内の施設を訪問する機会があり、実際に研究している方の説明を受けながら施設を回ることができた。私はATLAS, Synchrocyclotron, Antiproton Decelerator, Data Centre, ISOLDEに訪れた。特にISOLDEの見学は、そこで行われている実験についての講義を聞いた直後であったため、講義で学んだ内容を実際に目にすることができ、非常に有益だった。

## 3 研究

私はSummer Studentとしてn-TOFに所属し、Adrià Casanovas氏のもとで研究を行った。この施設は、広範囲の中性子のエネルギーにおける捕獲断面積を高精度で測定するための実験施設である。中性子は、CERNのプロトンシンクロトロン(PS)からの20 GeV/cのパルス状プロトンビームを、Pbのspallation targetに照

射することで生成される。本施設では、その中性子を用いて実験エリアにおいて中性子捕獲断面積を測定している。本研究では、spallation targetから垂直方向に20mの長さを持つ、EAR2ビームラインに注目した。図1にEAR2のレイアウトを示す。spallation targetで生成さ

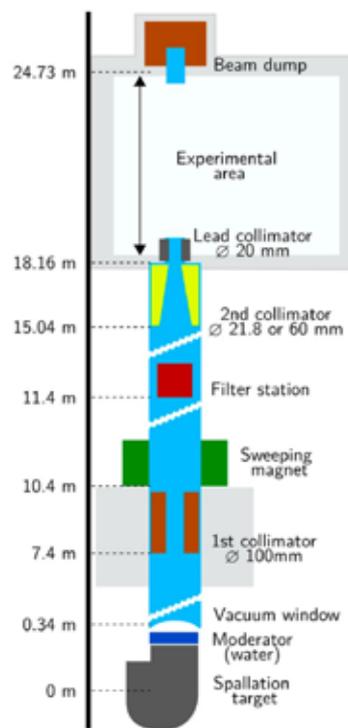


図1: EAR2のレイアウト [1]

れた中性子は、減速材で減速されたのちに、コリメータを通り、実験エリアに設置された標的原子核に照射される。このときに発生する $\gamma$ 線を検出することで、中性子捕獲断面積を測定する。

### 3.1 研究目的

実験エリアで $\gamma$ 線を検出器で測定するときには、目的の $\gamma$ 線だけでなく、中性子がコリメータや実験室の壁などと衝突・反応して生成される $\gamma$ 線も検出される。

これらはバックグラウンドとなり、測定精度を下げる原因となるため除去する必要がある。そこで本研究では、EAR2 ビームライン内の 2nd コリメータの出口付近に注目し、どのような材料を置くとバックグラウンドを除去できるかをシミュレーションで評価した。図 2 に、本研究で注目した EAR2 の 2nd コリメータの出口部分の従来の geometry を示す。図 2 に示すように、2nd コリ

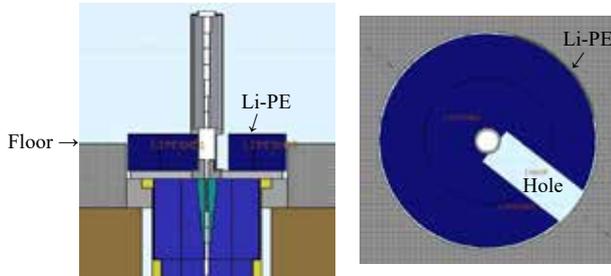


図 2: EAR2 の 2nd コリメータの geometry。左は横から、右は上からの図。濃い青の部分に Li-PE 層であり、この層には真空ポンプのチューブを置くための穴がある。

メータの出口部分には中性子を捕獲するために Lithium polyethylene (Li-PE) が設置されている。これは、中性子が実験エリアに入り、実験室の壁などと反応することで  $\gamma$  線が放出されることを防ぐためである。設置されている Li-PE はビーム中心から半径 49 cm、高さ 20 cm の円筒形である。本研究では、この Li-PE 層の上にどのような材料を置くと  $\gamma$  線のバックグラウンドをより低減できるかを調べるため、FLUKA と Flair を用いてシミュレーションを行った。

## 3.2 シミュレーション

### 3.2.1 FLUKA, Flair

本研究では、シミュレーションに FLUKA と Flair を用いた。FLUKA はモンテカルロ法に基づき粒子の輸送や相互作用をシミュレーションするソフトウェアであり、Flair は FLUKA と連携して動作するグラフィカルインターフェースである。Flair を用いることで geometry を可視化でき、構造の設定が容易になる。

### 3.2.2 Geometry, Material

図 3 に従来のコリメータに新たな材料を加えた geometry を示す。追加する材料は、高さ 20 cm、半径 49 cm の円筒形と仮定した。本研究では、2nd コリメータの出口部分の Li-PE 層の上に Polyethylene (PE), Boron-Polyethylene (B-PE), Lithium-Polyethylene (Li-PE) を追加した場合と、何も置かない場合 (Current setup) で  $\gamma$  線の fluence を比較した。

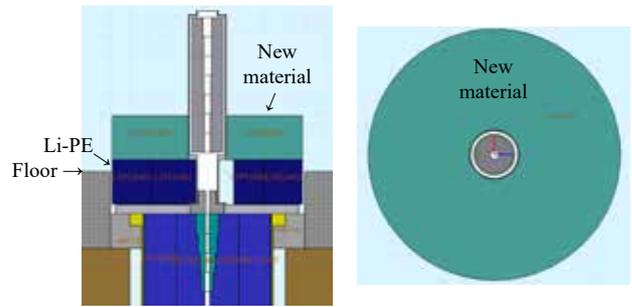


図 3: 材料を追加した場合の geometry。左は横から、右は上からの図。緑色の部分が追加する材料を表す。

## 4 結果

それぞれの geometry における  $\gamma$  線のバックグラウンドを比較するため、 $\gamma$  線の fluence を調べた。図 4 は、横軸にビーム中心からの半径、縦軸に各 geometry における  $\gamma$  線の fluence をビームと垂直な方向に射影したものである。図 5 は、図 4 の半径 5–20 cm の部分を拡大したものである。また、図 6 は、図 4 の fluence を従来

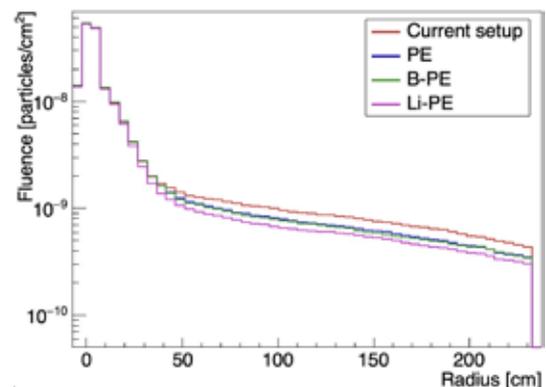


図 4:  $\gamma$  線の fluence のグラフ。横軸はビーム中心からの半径、縦軸はビームと垂直な方向に射影した fluence。

の geometry (Current setup) の fluence で正規化したものである。図 4 および図 6 から、外側領域 (Radius > 30 cm) では、PE, B-PE, Li-PE を加えた場合が、Current setup よりも  $\gamma$  線バックグラウンドを低減できることがわかる。PE および B-PE では Current setup の約 80% までバックグラウンドを抑えられる。一方 Li-PE を使用すると、Current setup の約 70% まで低減できる。

また図 5 および図 6 から、内側領域 (Radius < 30 cm) では、Li-PE を加えるとバックグラウンドは減少するが、B-PE や PE を加えると Current setup よりもバックグラウンドが増加することがわかる。この結果は、実際に B-PE を加えた実験でより高いバックグラウンドが測定されたことと一致している。

全 geometry を比較すると、Li-PE を使用した場合が最もバックグラウンドが小さいことがわかる。これは

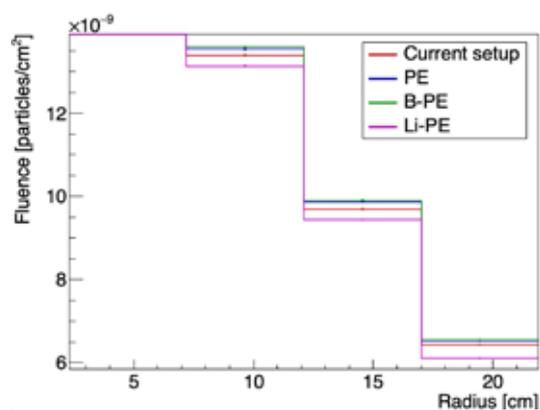


図 5: 図 4 の 5~20 cm 領域を拡大した  $\gamma$  線の fluence のグラフ。

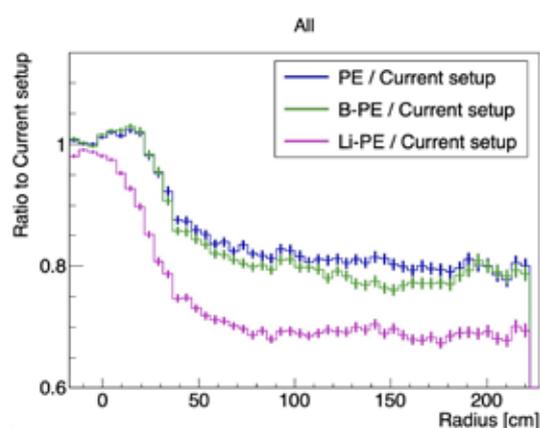


図 6: 正規化した  $\gamma$  線の fluence のグラフ。横軸はビーム中心からの半径、縦軸は  $z$  方向に射影した fluence を従来の geometry (Current setup) で正規化した。

Li(n,p) 反応では  $\gamma$  線が生成されないため、 $\gamma$  線の fluence が少なくなっていると考えられる。

## 5 生活

スイスは自然に溢れており、観光を通じてその魅力を肌で感じる事ができたのが良かった。また、空港が近く鉄道も発達していたため、ヨーロッパの他の国へ旅行することもでき、良い経験となった。こうした経験を通じて、他国の文化や人々に触れる機会も多かった。さらに本プログラムには多くの国から参加者がおり、一緒に観光をしたり、食事を共にすることで世界各国の友達からそれぞれの国について知る機会が得られたことも、このプログラムの大きな魅力の一つだと感じた。

## 6 今後の抱負

私は本プログラムを通じて英語力の無さを痛感した。2 か月間の滞在で、当初よりは自分の考えを伝えられる

ようになったものの、他の Summer Student や CERN で出会った方々と比べると、まだ不十分であると感じている。また本プログラムに参加する学生は、自身の専攻だけでなく、言語や歴史など幅広い分野に興味を持ち、すべての分野に対して学ぶ意欲を高く持っている姿が印象的だった。私もそのように視野を広く持ち学び続けたい。さらに、このプログラムに参加して、女性の研究者や学生が多いことに驚いた。日本では物理学の分野で女性に出会う機会が少ないが、Summer Student の半数ほどが女性であり、日本でもあらゆる分野で女性が活躍できる社会を作っていきたいと感じた。

## 7 今後このプログラムに望むこと

日本からの参加者は物理専攻が多かったが、海外の学生は物理だけでなくエンジニアを専攻している人が多くいたため、その専門の学生にもこのプログラムが周知されることが望ましいと感じた。

## 8 謝辞

本プログラムに参加するにあたり、参加を後押ししてくれた家族、推薦書の執筆や申請書の添削を行ってくださった川畑貴裕教授、様々な面で支えてくださった研究室の方々や友人、このプログラムを支援している KEK の加速器科学国際育成事業 (IINAS-NX) に感謝いたします。IINAS-NX のご支援の中でも、特に手続きでお世話になった KEK 国際企画課の皆さまに感謝申し上げます。また、現地での滞在中には、生活面で KEK の小作さんには多くの情報をいただき、研究活動では指導教員の Adria 氏をはじめ、n\_TOF に所属する方々に大変お世話になりました。さらに、滞在中に出会った友人と交流できたことは貴重な経験となりました。心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] J.A. Pavón-Rodríguez *et al.*, arXiv preprint arXiv:2505.00042