

3NBT における出力 1 MW のビーム運転 **Beam operation of 3NBT with beam power of 1 MW**

(JAEA/J-PARC) 明午 伸一郎、山口 雄司、大井 元喜

物質・生命科学実験施設(MLF)に陽子ビームを供給するビーム輸送施設(3NBT)では、目標とする 1 MW(25 Hz, ビームエネルギー 40 kJ/shot)の大強度ビームを MLF への輸送のために建設した。大強度陽子ビームは、標的の損傷に対するリスクを最小限に抑えるため、試験期間は長期メンテナンス期間となる夏期期間の直前に限定されるため、頻繁に行うのは困難となる。また、標的や陽子ビーム窓の損傷の緩和のために、非線形ビーム光学に基づく八極電磁石を用いたビーム平坦化システムを導入した。2018 年より複数回の 1 MW のビーム試験を行い、2020 年 6 月末に約 3 日間となる 1 MW ビーム運転に成功した。

本報告では、1 MW のビーム運転における 3NBT の現状や課題に関し報告する。さらに 1 MW 以上のビーム運転の課題について報告する。

水素含有物質の断面積測定 Measurement of cross sections for Hydrogenous materials

原田 正英¹、安部 豊²、及川 健一¹、川崎 卓郎¹、河村 聖子¹、中島 健次¹、
稲村 泰弘¹、高橋 竜太¹、勅使河原 誠¹、大井 元貴¹、池田 裕二郎¹

¹物質生命科学ディビジョン J-PARC センター JAEA

²京都大学

大型中性子源や小型中性子源で使用されている減速材は、水素の高い減速特性から、水素含有物質を用いることが多い。冷熱中性子性能を決める全断面積や散乱断面積を含む散乱特性は、減速材選択の重要なデータである。しかしながら、これまで広く一般に使われてきたデータには、測定時期が古いものがあることや、測定方法もまちまちであることから、不確定性が存在する。そこで我々は、次世代中性子源開発に向け、2018 年度より、J-PARC センターの物質生命科学実験施設の中性子実験装置にて、系統的な水素含有物質の断面積測定を開始した。

測定では、全断面積の測定は NOBORU で、散乱断面積の測定は AMATERAS でそれぞれ行った。試料はアルミニウム製セルに封入し、試料の温度は、20、100、200、300K 及び融点付近の温度点とした。全断面積の測定は、飛行時間法を用い、試料毎にエネルギー依存の中性子透過率を測定し、全断面積に変換した。散乱断面積は、チョッパーで複数のエネルギーにチョッピングし、散乱強度を測定することで、散乱断面積に変換した。

今回の発表では、水素含有物質として、2019 年度に測定した重水、メタノール、ベンゼンの結果を報告する。

ミュオンターゲット回転駆動系の異常予兆検知技術の確立 Establishment of technology for detecting abnormal signs of muon target rotation drive system

白井呂尚¹, 青木修¹, 土屋義則¹, 西澤広則¹, 寶田彩佳¹, 的場史朗²

1 横河ソリューションサービス株式会社

2 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所ミュオン科学研究系
J-PARC センター 物質生命科学ディビジョン ミュオンセクション

J-PARC 物質生命科学実験施設(MFL)では、2008年の陽子ビーム運転開始から中性子・ミュオンを利用した物理実験を実施してきている。物理実験を安定的に実施させるためには、ミュオンターゲットの安定的な運転が必要である。ミュオンは陽子ビームがミュオンターゲットである等方性黒鉛に衝突することによって発生する。陽子ビームがミュオンターゲットの同じ場所に衝突をすると放射線損傷により等方性黒鉛が破損してしまうために、ミュオンターゲットを回転させて同じ場所に陽子ビームが衝突しないようにしている。そのためミュオンターゲットを回転させる駆動系は重要な要素機器である。今まで音響センサなどを活用して異常の検知をするための取り組みなどを実施してきたが、異常予兆検知をするのは難しいのが実態であった、そのため違った視点での取り組みを今回実施した。

本発表では重要であるミュオンターゲット回転駆動系の異常予兆を検知する技術の確立の現状を報告する。駆動サーボモータの電流、トルクから微小な負荷変動を捉えてミュオンターゲット回転駆動系の「いつもと違う」を検知するためにAI・機械学習を活用していることがポイントである。

ミュオン生成標的の現状 Present Status of Muon Production Target

的場史朗, ミュオンセクション員
高エネルギー加速器研究機構 MLF ミュオンセクション

ミュオン生成回転標的の一号機は 2014 年の設置から 2019 年まで順調に運転を継続し, 1MW 試験運転においても健全性を示した. しかし, 回転軸同士を接続するカップリングに不具合が発見され, 2019 年 9 月に二号機へと交換された. 交換作業においては, 陽子ビームラインには運転によって生じたトリチウムが蓄積されているので, 内部被ばく防護のためにアノラックスーツ・エアラインシステムが導入された. 図 1 は交換作業時の様子を示した写真である. 二号機は 1MW 連続運転を含む利用運転において 2021 年現在まで順調に稼働している.

ミュオン生成回転標的の長寿命化及び MLF 建設当初には想定していなかった問題への対応のため, 新たな監視システムを構築中である. この一環として, 2019 年 12 月から耐放射線赤外線カメラによる標的監視を開始した. 図 2 は利用運転中のミュオン標的の赤外イメージである. このカメラを用いて 1MW 運転時を含む標的温度のビームパワー依存性の観測に成功した. 今後は, 赤外線カメラを用いた迅速なビーム停止のためのインターロックシステムの構築を予定している. また, 回転系については, 機械学習技術を用いて危険予知を行うシステムを構築している. これらの監視システム開発を通じてミュオン標的の健全性をさらに向上させ, 長寿命化を図る.



図 1. ミュオン標的交換作業.

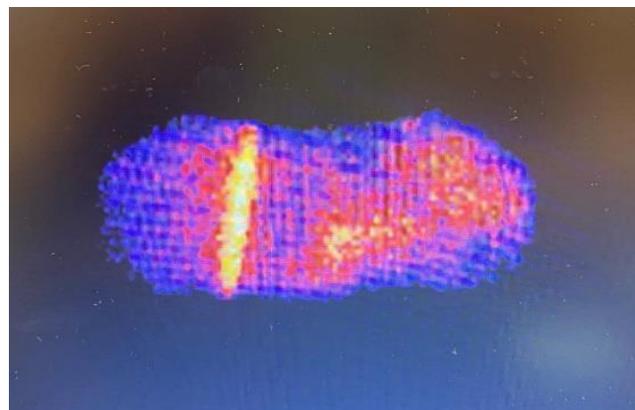


図 2. 利用運転中のミュオン標的.

MLF 気体廃棄物処理設備の現状と改良計画 Current state and improvement plan of off-gas processing system at MLF

増田 志歩、甲斐 哲也、上原 聡明、原田 正英、木下 秀孝、酒井 健二、
羽賀 勝洋
日本原子力研究開発機構 J-PARC センター

J-PARC の物質・生命科学実験施設(MLF)の核破砕中性子源では、水銀をターゲット材料として使用している。水銀の核破砕生成物のうち、気体状の核種(トリチウム、希ガス、水銀蒸気)の大部分は、水銀循環系内のサージタンクのカバーガス(ヘリウム)に蓄積すると想定し、その処理のため気体廃棄物処理設備が設置されている。

毎年実施している水銀ターゲット容器交換作業では、カバーガスを気体廃棄物処理設備で受け入れ、水銀をドレンしてから水銀ターゲット容器を取り外す手順となる。これまでの運転経験から、一定量のトリチウムや希ガスがカバーガスに移行せずに水銀循環系の内壁に付着したままであることが分かっている。そのため、水銀ターゲット容器の交換作業においては、これらの核種が系外へ放出されることを抑制する必要がある。

本報告では、水銀ターゲット交換における気体廃棄物処理設備でのトリチウム放出抑制策や設備のメンテナンスの課題、現在計画中的の設備改良の設計検討について述べる。

Ps のレーザー冷却の実証に向けた温度測定実験 Temperature measurement of positronium in preparation for laser cooling

魚住亮介¹、田島陽平¹、小林拓豊¹、蔡恩美^{1,6}、周健治¹、吉岡孝高¹、
石田明²、橋立佳央理²、難波俊雄³、浅井祥仁²、五神真²、山田恭平²、
大島永康⁴、オロークブライアン⁴、満汐孝治⁴、伊藤賢志⁴、鈴木良一⁴、
兵頭俊夫⁵、望月出海⁵、和田健⁵

1 東大工、2 東大理、3 東大素セ、4 産総研、5 高工研、6 高麗大学

ポジトロニウム(Ps)とは、電子とその反物質である陽電子からなる二体束縛系である。Ps はシンプルな構造をもつため、基礎物理学の実験的検証の対象として注目されている重要な原子である。特に、Ps を 10 K 以下まで冷却することは、その遷移周波数の精密分光測定による物質反物質間非対称性の探索や、世界初の反物質を含む系での BEC の実現など、重要な応用研究につながることを期待されている。我々は、このような Ps の冷却を、レーザー冷却の手法によって実現することを目指し、研究を進めている。

Ps の質量は電子 2 つ分と非常に小さく、したがってドップラー広がりが多い。また、Ps は 142 ns の有限寿命を持つ。これらの理由から、Ps のレーザー冷却を効果的に行うには、広いスペクトル幅と高速な周波数チャープ、そして数百 ns にわたる長いパルス幅という極めて特殊な性能の光源が必要となる。

このような性能を持つ冷却光源の開発を我々は進めており、独自の設計によってついに実証実験にいたった。実験は、高エネルギー加速器研究機構低速陽電子実験施設において実施した。

レーザー冷却の実証にあたっては、Ps の温度測定を行う必要がある。Ps の温度は、1S-2P 準位間遷移のドップラー広がりから評価することとした。我々は、ドップラー広がりを測定するために、2 つのナノ秒パルスレーザーと、Ps を生成するためのナノ秒パルス陽電子ビームとを同期して照射し、対消滅ガンマ線の時間スペクトルを取得した。本実験により、生成から 250 ns 後の Ps の温度を $8(1) \times 10^2$ K と評価することができ、レーザー冷却実証のための温度測定手法を確立した。

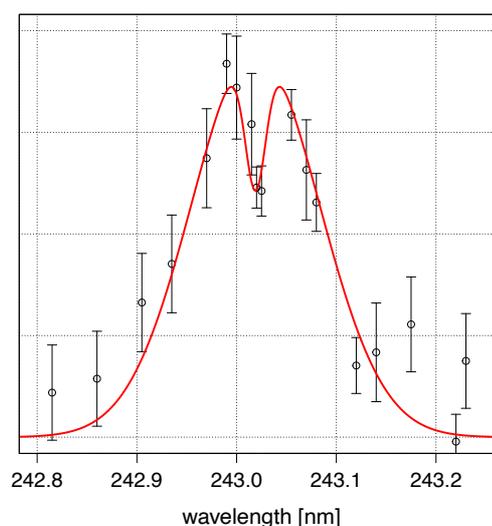


図1 生成から 250 ns 後の
Ps のドップラープロファイル

高しきい値反応を利用したロスモニターの開発のための シミュレーション

Simulation for development of loss monitor using nuclear reaction with high threshold-energy

山口雄司¹, 明午伸一郎¹, 大井元基¹, 羽賀勝洋¹

¹ 日本原子力研究開発機構 J-PARC センター

MLF では陽子ビーム輸送ライン 3NBT を通して、3 GeV シンクロトロンから中性子生成標的まで 3 GeV, 1 MW の大強度陽子ビームを輸送する。大強度ビーム輸送における問題の一つは、ビーム損失である。ビーム損失は主にビームがダクト壁等と衝突して発生し、機器を放射化させ、機器の保守作業を困難にする。そのため 3NBT では、1 MW ビームを全長約 300 m にわたり、1 W/m の損失率で通すことが求められる。1 MW に対して 1 W/m という微量な損失を検知するには、ビームロスモニターと呼ばれる放射線検出器を利用するが、3NBT 最下流部では、粒子生成標的で発生する放射線に起因した背景事象によりビーム損失事象を正確に把握できていない。そこで、ビーム損失事象と背景事象を識別できるロスモニターが求められる。

ビーム損失事象と背景事象の識別には、ビーム損失および標的で発生する陽子・中性子がロスモニターに到達するまでの飛行時間の差を利用し、さらに高速陽子・中性子を選択的に検出する方法が有効と考えられる。高速陽子・中性子の選択的検出には、しきいエネルギーの高い核反応を利用する。ビスマスやタンタルのようなサブアクチノイドの核分裂反応で生成する核分裂片をロスモニターで検出することで選択的検出が可能となり、飛行時間のばらつきを抑制を期待できる。

本発表では、計数管の内壁にサブアクチノイド箔を設置し、核分裂片による検出ガスの電離によって信号を出力するロスモニターに関する粒子輸送計算の結果について報告する。