

J-PARC 物質生命科学実験施設ミュオン生成回転標的の保守

○的場 史朗、砂川 光、河村 成肇

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所

1. J-PARC ミュオン生成標的

大強度陽子加速器施設 J-PARC では、加速された陽子と標的材料との核反応により生じる様々な二次粒子を多種多様な研究に利用している。J-PARC は 3 つの陽子加速器と 4 つの実験施設で構成され、物質・生命科学実験施設 (MLF) におけるミュオン生成では、ミュオン生成効率と陽子ビーム照射時の安定性の観点から、等方性黒鉛 (東洋炭素 IG-430U) が標的材料として用いられている。20 mm 厚の黒鉛がビームライン真空中に設置され、黒鉛を通過する陽子の約 5% が炭素原子核との衝突でミュオンを生成している。陽子照射による放射線損傷を分散させるために黒鉛は円盤形状 (直径 336 mm) となっており、毎分 15 回の速度で回転している。

2. 標的のメンテナンス

大強度の高エネルギー陽子照射施設ではメンテナンス作業時の残留放射能による被ばく対策が大きな課題となる。被ばくは大きく分けて外部被ばくと内部被ばくに分類でき、陽子加速器においてはどちらも起こるので対応が必須である。

J-PARC では、通常は 7-10 月の夏期間にビーム運転を停止しメンテナンスのための停止期間としている。ミュオン標的のメンテナンスでは主に回転系の消耗品交換やグリス注入が行われる。回転サーボモーター及び磁気結合型回転導入器の寿命は、毎分 15 回転の運転を年間 5000 時間行った場合で約 2 年である。これら機器は標的本体から 2.4 m 上の遮蔽上の保守トンネルにあり、作業員が接近して手作業での交換が可能である。回転導入器を交換する際には、陽子ビームラインに窒素ガスを 1 気圧まで充填して、真空フランジを開放する。この際に問題となるのはトリチウム放出である。ミュオン標的では、炭素原子核と陽子との核反応によりトリチウムが放出される。ビームダクト内部のトリチウムは、主に水素分子 (HT) か水分子 (HTO) の化学状態で存在する。大気開放した際、これらが空気中に

含まれる H₂O 分子との同位体交換反応により HTO として保守作業の空間内に拡散する。近年では開放作業を行う前に、窒素に空気を 5% 程度混入させたガスを陽子ビームダクト内に導入し、真空ポンプにて排気する事を繰り返し、フラッシングによる濃度低下措置を行っている。また、開放作業時の作業員の内部被ばく防止として、外部から空気を供給するエアラインマスク、皮膚呼吸によるトリチウム吸収を防ぐためにアノラックスーツ (酢酸ビニール製全身スーツ) を着用して作業が行われている。

3. 回転系の改良

2021 年の夏期メンテナンスに、モーターで発生する回転トルクを真空中の回転軸へ伝達する機器である回転導入器が交換された。その作業後に回転モーターのトルクが増加した。原因として回転導入器と回転軸を接続する機器である回転カップリングにて軸ずれが生じているためであると判明し、2022 年夏期メンテナンスにて再度交換作業を行った。回転カップリングを軸ずれの許容が大きいオルダム型に更新し、回転導入器を再度取り付けたところ回転トルクは低下し、安定的に回転するようになった。従来の回転カップリングでは 0.1 mm の精度での取り付け作業が必要であったが、今回導入したオルダム型カップリングでは 0.6 mm の軸ずれまで許容可能であるので、放射線防護を行いながらのメンテナンス作業においても精密作業を必要とせず、作業時の被ばくも低減できた。



図 1 回転導入器と回転カップリング