

J-PARC 核破砕中性子源水銀ターゲット容器の損傷挙動評価の現状

Evaluation status of damage behavior in mercury target vessel of spallation neutron source

*若井栄一、直江崇、涌井隆、原田正英、粉川広行、管文海、羽賀勝洋、高田弘

原子力機構 J-PARC センター

J-PARC の核破砕中性子源のターゲット容器は高エネルギー粒子の通過や反応によってもたらされる損傷の蓄積により、材料強度特性等が徐々に劣化していく。本発表では大強度化ビームに向けて、様々な研究でこれまでに取得されているデータ等を基に製作法を考慮しながら実施する損傷挙動評価の現状を報告する。

キーワード： Austenitic stainless steel, Radiation damage, Spallation neutron source vessel, High-energy proton beam irradiation, Damage evaluation

1. 緒言

大強度陽子加速器施設(J-PARC: Japan Proton Accelerator Research Complex)の核破砕中性子源では、物質・生命科学や産業の発展のためには、国内外の研究者や民間企業のユーザーによって中性子線を利用して様々な解析が行われている。大強度陽子加速器施設(J-PARC)の核破砕中性子源施設(Fig. 1 参照)は高エネルギーに加速したパルス陽子ビーム(3 GeV, 25 Hz)の1 MW 安定運転を目標とし、今期は300 kW~400 kW の出力で連続運転(週1回の半日メンテナンス等を除く)が実施され、2018年4月頃から500 kW の運転が計画されている。今後、出力を上げていくためには損傷挙動の予測精度を高めていく必要がある。

2. 核破砕中性子源の使用環境と機器損傷

核破砕による中性子発生効率を上げるため、陽子ビームのターゲットには液体金属である水銀であり、水銀容器の中に水銀を循環させて核発熱を除熱している。また、その容器の周りに2重の保護容器で構成し、水銀漏えいの安全対策が施され、多重容器構造を持つ溶接構造機器である(概略図 Fig. 2 を参照)。核破砕中性子源の水銀ターゲットの容器には、水銀との共存性を考慮し、SUS316L 鋼が使われている。水銀ターゲット容器等は高エネルギー粒子の通過や反応によってもたらされる損傷の蓄積により、材料強度特性等が徐々に劣化していく。原子炉の照射環境と最も異なる点は中性子エネルギースペクトルと高エネルギーパルス陽子ビームであり、以下に損傷評価項目のいくつかを示す。

- (1) 疲労: 1×10^4 (ビームトリップの回数; 約2回/hとし、運転時間を5000時間)
- (2) 照射損傷: 弾き出し損傷(許容値: 5-10 dpa)、核変換生成物(He, H)蓄積、照射、He、Hの脆化
- (3) 水銀中の損傷: 水銀による腐食、液体金属脆化、疲労への影響、キャビテーション損傷(水銀中で容器壁で発生)。特に、パルスビームによる水銀中での衝撃波発生による水銀容器内壁面でのキャビテーション損傷は重要な課題。
- (4) はじき出し損傷の評価: 入射エネルギーが高くなると、SRIM や NRT コードの適用限界があり、PHITS コード等で評価が進行中。

3. 纏め

J-PARC 核破砕中性子源水銀ターゲット容器の基本構造とその損傷挙動評価の現状の概略を示した。これらの機器類の性能を長期安定に保ち、より高い運転出力の対応のため、以下の評価を進めている。①耐久性向上 ②機器類の劣化挙動測定とデータ拡充 ③実測に基づく予測の高度化 ④上記に基づく、設計と製作の見直し

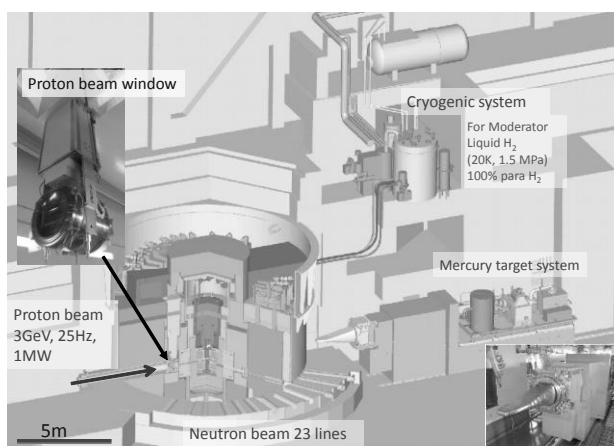


Fig.1: J-PARC Spallation Neutron Source.

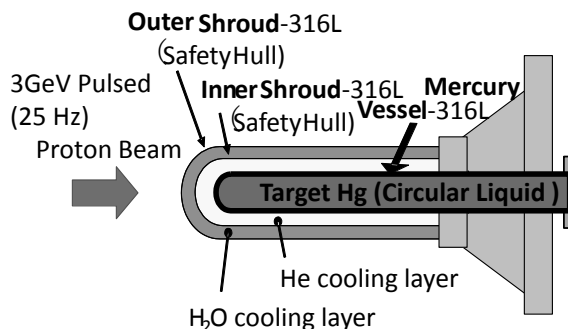


Fig. 2: Schematic image of spallation neutron target module (The weight: 1.6 ton). The temperature is about 50 – 150 °C.

*Eiichi Wakai, Takashi Naoe, Takashi Wakui, Masahide Harada, Hiroyuki Kogawa, Wenhai Guan, Katsuhiko Haga, Hiroshi Takada
Japan Atomic Energy Agency, J-PARC Center