

核破碎中性子源水銀標的の耐久性向上に向けた研究開発 (1) ガス気泡の損傷抑制効果のメカニズムと損傷観察結果

R&D on Mercury Target for Spallation Neutron Source to Improve the Durability under High Power Operation

(1) Mechanism of Damage Mitigation Effects by Gas Bubbles and Damage Observation Results

*粉川 広行¹, 川島 広之², 有吉 玄¹, 涌井 隆¹, 猿田 晃一¹, 直江 崇¹,
羽賀 勝洋¹, 二川 正敏¹, 祖山 均³, 久慈千栄子³, 伊藤 啓⁴, 田中 伸厚²

¹JAEA, ²茨城大, ³東北大, ⁴京大

J-PARC の核破碎中性子源施設では、水銀標的容器の耐久性向上のために、水銀中に微小ガス気泡を注入して、キャビテーション損傷の要因となる圧力波を低減する運転を実施している。さらなる高出力長寿命化に資するために、容器の損傷を詳細に観察した結果、ガス気泡が要因となる損傷が発生することが示唆された。

キーワード：J-PARC, 水銀標的, 圧力波, キャビテーション損傷, 微小気泡, 高出力長寿命化

1. 緒言

J-PARC の核破碎中性子源水銀標的容器は、キャビテーション損傷による健全性劣化を踏まえて年一回の交換を行っているが、さらなる耐久性向上が求められている。高出力・長寿命化のために、水銀中にヘリウムガスの微小気泡を注入し、キャビテーション損傷の要因となる圧力波の低減技術開発を進めてきた^[1]。一方で、注入したガス気泡は、容易にキャビテーションが発生する核となり、圧力波低減を狙って注入した微小ガス気泡がキャビテーション損傷を誘発させる要因となる可能性も危惧してきた。これまでに、運転中に測定した圧力波に起因する容器の振動及び音の最大振幅について、気泡無し時 A と気泡注入時 B の比、B/A を気泡効果として用い、気泡効果が減少、すなわち気泡注入により圧力波が低減すると損傷も抑制されることを、容器の損傷が最も激しい箇所を切出し、損傷を観察することで確認した。その一方で、運転出力の上昇に伴い、キャビテーションではなく、ガス気泡によるものと考えられる損傷が観察された。

2. 損傷形態の観察 —ガス気泡による損傷—

Fig.1 に、気泡効果 B/A=0.3 の場合の損傷形態を示す(板厚は 5 mm)。特徴的な損傷形態として筋状の欠陥が観察され、その内部には連続したピットが観察された。筋の向きは数値解析で求めたがガス気泡が流れる向きと一致した。また連続ピットの間隔は、解析で求めた水銀中を流れるガス気泡の動的挙動と相関があった。このことは、ガス気泡の攻撃性がビーム出力上昇によって顕在化したものと考えられる。

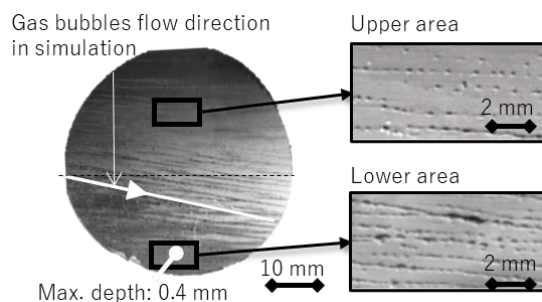


Fig.1 Observed damage on the spent mercury target (B/A=0.3). Streaky defects in which continuous pits exist were observed.

3. 水銀標的容器の高耐久化を目指して

高耐久性標的の開発においては、今回示唆されたガス気泡の攻撃性の評価とともに、水銀中でのガス気泡分布の評価、照射損傷に対する評価、および容器が破損する前に検知できる異常診断技術の開発が必要である。本シリーズ報告の中でこれらの R&D について報告する。

参考文献 [1] H.KOGWA, et. al., J. Nucl. Scien. Tech., 54 (2017), 733-741.

*Hiroyuki KOGAWA¹, Hiroyuki KAWASHIMA², Gen ARIYOSHI¹, Takashi WAKUI¹, Koichi SARUTA¹, Takashi NAOE¹,
Katsuhiko HAGA¹, Masatoshi FUTAKAWA¹, Hitoshi SOYAMA³, Chieko KUJI³, Kei ITO⁴, Nobuatsu TANAKA².

¹JAEA, ²Ibaraki Univ., ³Tohoku Univ., ⁴Kyoto Univ.