

HTTR を用いた Li 装荷用ロッド照射試験及び粒状 Zr 性能評価方法の検討 Study on the Li loading rod irradiation test and granular Zr performance evaluation method using the HTTR

古賀友稀¹, 松浦秀明¹, 岡本亮¹, 菅沼拓朗¹, 片山一成², 大塚哲平³, 後藤実⁴, 中川繁昭⁴, 石塚悦男⁴, 飛田健次⁵

KOGA Yuki¹, MATSUURA Hideaki¹, OKAMOTO Ryo¹,
SUGANUMA Takuro¹, KATAYAMA Kazunari², et al.

¹九大院工,²九大院総理工,³近大理工,
⁴日本原子力研究開発機構,⁵量子科学技術研究開発機構
^{1,2}Kyushu Univ.,³Kindai Univ.,⁴JAEA,⁵QST

1. 緒言

核融合原型炉の起動や炉工学試験に用いるトリチウム(T)を調達するために、有効かつ実現性の高い方策が必要である。その方策として高温ガス炉に Li を装荷し T を製造する方法が提案された[1]。高温ガス炉の可燃性毒物(BP)孔に円筒状の Li 装荷体(Li ロッド)を装荷することを想定している[2]。高温ガス炉の熱効率を維持するため減速材温度を 1100~1200 K にすると Li ロッドの T 封じ込め性能が低下するため、T 吸収体として Zr を使用することを検討している[3]。Zr は酸化物や水素化物が生じると T 吸収性能が低下する可能性があるため、酸化を防止する Ni 被覆と粒状 Zr による T 吸収面積の増大を検討している[4]。これらの研究と並行して高温工学試験研究炉(HTTR)[5]で Li ロッドによる T 製造を実証し、T 製造・閉じ込め性能に影響を与える原因を特定する試験計画が進められている。以前に提示した照射試験[6]では層状の Zr を想定しており、Zr に酸化物や水素化物が生じることによる影響が考慮されてない。この研究の目的は Ni 被覆粒状 Zr を用いた照射用ロッドの概念と照射試験法を示すことである。

2. 試験方法

Fig.1 に HTTR での T 製造に適した Li ロッドである「基準ロッド」の構造を示す。このロッドを HTTR に 450 本装荷すると年間 30 g の T を製造し、HTTR 中の T 生成量 0.25 g[7]以下の T が流出すると予測される[4]。今回示す照射試験は以下の方法を想定した。アルミナ製の円筒状 T 流出防止層に基準ロッドを入れ、ロッドの外側に Zr 等の T 回収用ゲッターを配置し、これを 1070 K に達する HTTR 照射領域で照射する。照射後に T 流出量を T 回収用ゲッターに存在する T から測定し、Li ロッド中の T 測定値との合計により T 製造量を求める。T 製造実証試験では基準ロッドの T 製造量と流出量を測定し、要求される性能[4]を満たすか検証する。実際の測定値は様々な要因により予測と異なる可能性があるため、その原因を特定する情報を得るために基準ロッドから一部の設計を変更した比較ロッドが必要である。

基準ロッドの T 流出量が予測より多くなる原因は様々であるが、粒状 Zr に期待された T 吸収性能が想定より低いことが原因となる場合がある。Zr 装荷量を基準ロッドの 10%にした比較ロッドを用いた Zr の T 吸収性能低下を検証する試験を検討している。Zr 装荷量を変えると Zr の T 吸収性能低下による T 流出量の増加特性が変化するため、この試験では基準ロッドと比較ロッドの T 流出量を測定し、基準ロッドの T 流出量からの T 流出量増加率を求める。T 流出量増加率が予想より低下しなければ T 流出量増加の原因が Zr の T 吸収性能の低下以外であると示せる。Fig.2 に Zr の T 吸収時間 τ の倍率に対する 2 本のロッドの T 流出量と T 流出量増加率の関係を示す。T 吸収時間 τ とは T 発生や流出の無い水素吸蔵実験体系で T 圧力が e^{-1} になる時間であり[4]、T 吸収速度を表すパラメータとして利用する。T 吸収時間は Zr 表面積と Li ロッドの中空体積から決まるが、Zr の酸化・水素化で増加する可能性がある。基準ロッドと比較用ロッドそれぞれの T 吸収時間が 1.2 ms, 3.4 ms から増加すると T 流出量は増加し T 流出量増加率が 105%から-21%に減少するため、試験で Zr の T 吸収性能が予測より低いか検証できる。照射試験の際には Zr 性能の低下以外にも様々な事象が発生する可能性があるため、本発表では T 製造量等の検証方法及び詳細な照射方法、比較用ロッドの設計について議論する。

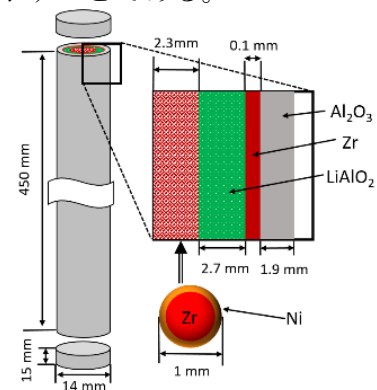


Fig.1. A Schematic view of the Li rod.

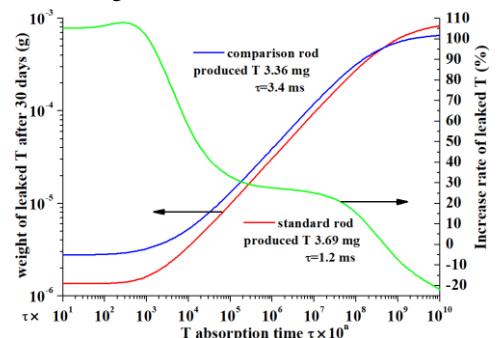


Fig.2. Weight of leaked T and increase rate of leaked T by the change of T absorption time $\tau \times 10^6$.

参考文献

- [1] H. Matsuura, et al., Nucl. Eng. Des. 243 (2012) 95-101.
 [2] 松浦秀明, プラズマ・核融合学会誌, 93 (2017) 457.
 [3] S. Nagasumi, et al., Fusion Sci. Tech. 72 (2017) 753-759.
 [4] H. Matsuura, et al., presented at SOFT 2018.
 [5] S. Saito, et al., JAERI-1332 (1994).
 [6] Y. Koga, et al., Fusion Eng. Des. 136 (2018) 587-591.
 [7] H. Ohashi, et al., J. Nucl. Sci. Tech. 45(2008) 1215-1227.