

HTTR における T 製造試験用 Li 装荷体構造の検討

Study on structural design of Li-loading module
for T-production test on HTTR

阿部泰成¹、松浦秀明¹、古賀友稀¹、中川恭一¹、直井基将¹、北川堪大¹、片山一成²、
大塚哲平³、濱本真平⁴、石塚悦男⁴、後藤実⁴、中川繁昭⁴、
染谷洋二⁵、日渡良爾⁵、飛田健次⁶、小西哲之⁷

ABE Taisei¹, MATSUURA Hideaki¹, KOGA Yuki¹, NAKAGAWA Kyoichi¹,
NAOI Motomasa¹, KITAGAWA Kanta¹, KATAYAMA Kazunari², et al.

¹九大院工、²九大総理工、³近畿大、⁴JAEA、⁵QST、⁶東北大院工、⁷京大理工
¹Kyushu Univ., ²Kyushu Univ., ³Kinki Univ., ⁴JAEA, ⁵QST, ⁶Tohoku Univ., ⁷Kyoto Univ.

1. 緒言

DT 原型炉の T 循環試験及び初期保有に必要な T は何らかの方法で人工的に製造する必要があり、高温ガス炉を用いて製造する方法を検討している [1]。これまでの検討結果の検証を目的に、HTTR(高温工学試験研究炉) [2]における高温ガス炉初の T 製造試験を計画している。本試験では、T 製造を実証し、閉じ込め性能を確認する。本研究では、照射試験でどのような装荷体構造や試験内容が必要かを明確にするために、Ni 被覆 Zr 球の水素吸収特性を評価した。得られたデータを元に試験体構造や実験条件に基づいて解析・検討したので報告する。

2. 実験及び計算モデル

HTTR の制御棒付近に試験体を複数装荷する。照射条件は温度 873 K、中性子束 $5.9 \times 10^{13} / \text{cm}^2/\text{s}$ 、30 日間の照射後 90 日の冷却を 1 サイクルとして 3 サイクルを想定した。装荷体の概略図を Fig. 1 に示す。装荷体は外径 6 mm、厚み 1 mm の (a) Al_2O_3 円筒とし、石英で覆う。円筒に (b) Ni 被覆(平均厚み 7 μm)を行った球状 Zr(平均直径 0.5 mm)、及び (c) 粉状の LiAlO_2 を装荷し、 Al_2O_3 製の蓋で封止する。 LiAlO_2 は 0.1 mg 単位で装荷とした。

Fig. 1 (b) に示す Ni 被覆 Zr 球 100 粒を Al_2O_3 管に入れ、 LiAlO_2 を装荷しない場合、0.5 mg 及び 5 mg を装荷した場合に対し、873 K で水素吸収実験を行った。実験で得られた拡散係数を用いて拡散計算により T 流出量を評価した。 Al_2O_3 の拡散係数及び溶解度係数は文献値 [3] を使用した。T 製造量については、MVP [4] を用いた核計算を行い評価した。なお T 計測施設の規定より、装荷体 1 個あたりの T 製造量上限を 1.5 GBq (4.211 μg) と設定した。

3. 検討結果

実験結果を Fig. 2 に示す。 LiAlO_2 の装荷量に関わらず同様の水素吸収曲線が得られた。実験結果より、Ni 被覆 Zr の見かけの拡散係数は $4.0 \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$ と推定された。この値は純粋な Zr の拡散係数 [5] より約 3 桁小さい。 LiAlO_2 と共存下の Ni 被覆 Zr の見かけの拡散係数が純粋な Zr の拡散係数から 3 桁程減少することが報告されており [6]、本実験では、 Al_2O_3 が主な酸素供給源となり、同様な見かけの拡散係数の低下が観られたものと考察している。この点については、追加実験に基づく今後の検証が必要と考えている。

実験で得られた物性値に基づき LiAlO_2 を 1 mg、Ni 被覆 Zr 球を 100 粒入れた際の HTTR における照射期間中の T 製造量及び流出量を推定した。3 サイクル後の T 製造量は 141 MBq、流出量は製造量の 1% 未満となった。この結果から、照射試験で試験体毎の T 流出量を相互比較し T 閉じ込め性能を確認するためには、Ni 被覆 Zr 球の数を減らし T 流出量を大きくする試験体が必要と考えられる。

発表では T 製造量、Ni 被覆 Zr 球の数に対する T 流出量の詳細な解析、及び複数の候補装荷体の構造と試験内容について議論する。

参考文献

- [1] H. Matsuura, et al.: Nucl. Eng. Des., 243 (2012) 95-101. [2] S. Saito, et al., JAERI 1332 (1994).
[3] K. Katayama, et al., Fusion Sci. Tech., 68 (2015) 662-668. [4] Y. Nagaya et al.: JAERI-1348, (2005).
[5] M. Someno: J. Jpn. Inst. Met., 24, pp. 249-253 (1960). [6] 大塚哲平、他、原子力学会 2020 年春の年会 2L04

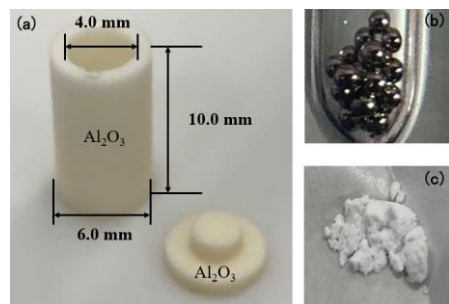


Fig. 1: Photograph of Li-loading module
(a) Al_2O_3 cylinder (b) Zr pebbles with Ni coating
(c) LiAlO_2 powder

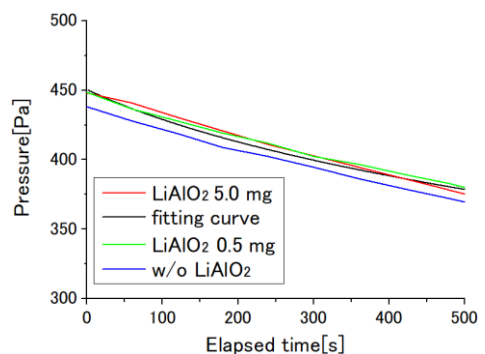


Fig. 2: Curves of hydrogen absorption experiment and simulation