

# 高温ガス炉を用いた T 生産 Li 装荷ロッドの照射試験体及び試験法の検討 ～ Zr 層を考慮した試験体の評価 ～

Study on lithium rod test module and irradiation method of tritium production  
using high temperature gas-cooled reactor  
～ evaluation of test module with Zr layer ～

\*井田祐馬<sup>1</sup>、松浦秀明<sup>1</sup>、長住達<sup>1</sup>、古賀友稀<sup>1</sup>、岡本 亮<sup>1</sup>、  
片山一成<sup>2</sup>、大塚哲平<sup>3</sup>、後藤実<sup>4</sup>、中川繁昭<sup>4</sup>、石塚悦男<sup>4</sup>

<sup>1</sup>九大院工、<sup>2</sup>九大総理工、<sup>3</sup>近大理工、<sup>4</sup>JAEA

高温ガス炉を用いて初期核融合炉用トリチウム(T)を生産する方法を検討している。これまで Li 装荷試験体の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層、LiAlO<sub>2</sub> 層、中空部の半径の最適化を検討してきた。今回は、T 流出量の減少を目的とした Zr 層を Li 層の周りに追加して、試験体の検討及び評価を行った。

キーワード：トリチウム、高温ガス炉、Li 装荷試験体、ジルコニウム

## 1. 緒言

DT 反応を利用した核融合原型炉及び実証炉に必要な初期装荷用 T の供給方法として、高温ガス炉を用いた T 生産法が提案されている[1]。本方法は、高温ガス炉内の燃料ブロック中の可燃性毒物孔(BP 孔)に Li 化合物を含んだロッドを装荷し、 ${}^6\text{Li}+n\rightarrow\text{T}+{}^4\text{He}$  反応により T を生産するものである。これまで GTHTR300[2]を想定して T 生産 Li ロッドでの T 生産及び閉じ込め性能を評価してきた[3]。次のステップとして、これまでの評価値の妥当性を、照射試験により確認する必要がある。これまで、Zr 層を含まない体系を想定して、試験方法を検討し、Li 装荷試験体を提示している。今回さらに T 流出量の減少を目的として、Zr 層を LiAlO<sub>2</sub> 層の周りに加え、試験方法及び Li 装荷試験体の検討及び評価を行ったので報告する。

## 2. 解析方法及び計算モデル

照射試験炉として HTTR[4]を想定し、核計算で T 生産量を計算し、拡散計算により T 流出量を評価した。核計算には MVP[5]を使用し、核データは JENDL-4.0 を使用した。周りを Zr 層で覆った中空円筒状の LiAlO<sub>2</sub> を Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> で被覆し、さらに炉内への T 流出を防ぐために Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 製の容器に収納したものを Li 装荷試験体とし図 1 に示す。中空部はヘリウムで満たしており、内側を中心中空部、外側を外縁中空部としている。Zr 層及び LiAlO<sub>2</sub> 装荷量は一定とした。上下は、厚さ 25 mm の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> で被覆している。Zr 層の厚さの違いが T 流出量及び中心中空部の圧力に及ぼす影響を調べた。照射試料の直径は GTHTR300 の BP 孔に装荷可能な大きさ 44mm に固定し、容器を含めた直径は 60mm とした。T の拡散は、実験で得られた Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>[6]、Zr 層[7][8]の拡散係数及び溶解度定数、を用いて評価した。なお、Li 装荷試験体の温度を 800 K、照射日数 30 日、最大熱中性子束  $4.0\times 10^{13}/\text{cm}^2/\text{s}$ [9]とした。

## 3. 結果

図 2 及び 3 に Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層の厚みに対する T 流出量と中心中空部の圧力の関係を Zr 層を含む場合、及び含まない場合について示す。図 2 より、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層が厚くなると T 流出量は減少するが、さらに厚みが増すと中空部の圧力上昇により T 流出量もさらに増大することがわかる。図 3 では Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層が厚くなるに従い流出量が減少し、圧力はほぼ一定の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層の厚みが 1mm 付近で急減する。圧力が一定となるのは、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層の厚みの増加に伴い、LiAlO<sub>2</sub> 層が内側に移動し中性子束が減り、さらに LiAlO<sub>2</sub> 層の厚みが増加することによる自己遮蔽効果により T 生成量が徐々に減少するためである。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層の厚み 1mm 付近では、T 生産量が Zr 層の吸蔵可能量を下回るため圧力が急減する。Zr 層を含めたことによりトリチウム流出量が約 1/5 になり、圧力がほぼ一定のもとの Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層厚みの影響についても評価が容易となる。発表では、これら評価値に基づいた Li 装荷試験体の設計例を示し議論を行う。

Yuma Ida<sup>1</sup>, Hideaki Matsuura<sup>1</sup>, Satoru Nagasumi<sup>1</sup>, Yuki Koga<sup>1</sup>, Ryou Okamoto<sup>1</sup>, Kazunari Katayama<sup>2</sup>, Teppei Otsuka<sup>3</sup>, Minoru Goto<sup>4</sup>, Shigeaki Nakagawa<sup>4</sup>, Etsuo Ishitsuka<sup>4</sup> Kyushu Univ.<sup>1</sup> Kyushu Univ.<sup>2</sup> Kindai Univ.<sup>3</sup> JAEA<sup>4</sup>

- [1] H. Matsuura, et al., Nucl. Eng. Des., **243** (2012) 95.
- [2] T. Nakata, et al., JAERI-Tech, **087** (2002).
- [3] H. Nakaya, et al., Nucl. Eng. Des., **292** (2015) 277.
- [4] S. Saito, et al., JAERI, 1332(1994)
- [5] Y. Nagaya, et al., JAERI, **1348** (2005).
- [6] K. Katayama, et al., Fusion Sci. Technol., **68** (2015) 62.
- [7] 染野壇、日本金属学会誌、24(1960) 249.
- [8] J.J Kearns :J.Nucl.Mat.,22(1967) 292.
- [9] D. Shibata, et al., JAERI-Tech, **097**(2002).

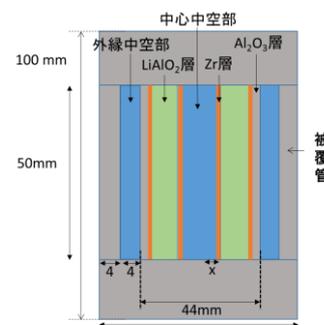


図 1 Li 装荷試験体  
垂直方向断面図

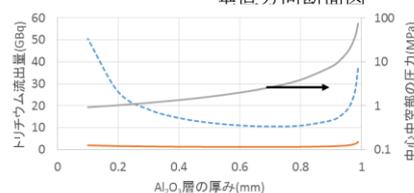


図 2 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層の厚みに対する  
T 流出量と中心中空部の圧力

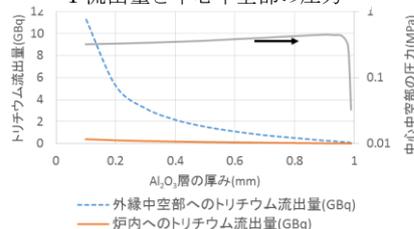


図 3 Zr 層を含んだ時の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層の厚みに対する  
T 流出量と中心中空部の圧力