

# 高温ガス炉用 Li ロッドの T 閉じ込め特性に Zr 水素吸蔵性能が与える影響

The influence of hydrogen absorption performance of Zr on tritium confinement properties of Li rod in HTGR

\*岡本 亮<sup>1</sup>, 松浦 秀明<sup>1</sup>, 井田 祐馬<sup>1</sup>, 古賀 友稀<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>, 長住 達<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>九大院工, <sup>2</sup>九大院総理工, <sup>3</sup>近大理工, <sup>4</sup>JAEA

高温ガス炉を用いた T 生産の検討において高温条件下における Li 装荷体(Li ロッド)へのトリチウム (T) 閉じ込め法として Zr を用いた方法を提案している。本研究では Zr の水素吸蔵性能(水素吸蔵速度、水素吸蔵量)の低下に対して高温ガス炉用 Li ロッドからの T 流出量がどのように影響を受けるかを定量的に評価する。さらにこれらの影響を抑える Zr 装荷方法についても検討を行う。

**キーワード**：高温ガス炉，トリチウム生産，ジルコニウム，水素吸蔵

## 1. 緒言

核融合原型炉の初期装荷や炉工学実証試験に必要なトリチウム (T) の調達方法の確立が必要となっている。そこで高温ガス炉に Li を装荷し、 ${}^6\text{Li}(n, \alpha)\text{T}$  反応によって T を生産する方法が提案されている<sup>[1]</sup>。安全面や T の回収の観点から発生する T を Li 装荷体(Li ロッド)内に閉じ込めることが望ましく、従来の検討<sup>[2]</sup>では Li ロッドから冷却材中への T 流出量を抑制するため運転温度を低く想定していた。発電効率の良い高温条件下において Li 装荷体からの T 流出を抑制する目的で Zr を用いた T 閉じ込め法を検討し、Zr 層(図 1)を想定した円筒状 Zr の水素吸蔵実験を行った<sup>[3]</sup>。ただし Zr の水素吸蔵速度、水素吸蔵量といった水素吸蔵性能は酸化等の Zr の状態によって低下することが考えられ、それによる T 流出量の増加が懸念される。また T 流出量は Zr 形状や中空部体積によっても変化すると考えられる。本研究では Zr 水素吸蔵性能の低下と Li ロッドからの T 流出量の関係を定量的に明らかにするとともに、水素吸蔵性能が低下した場合でも T 流出量を抑制できる Zr 装荷方法について検討を行う。

## 2. 計算条件および結果

本検討では GTHTR300<sup>[4]</sup>を対象に MVP-BURN<sup>[5]</sup>を用いた炉心燃焼計算により 360 日運転で 600 g の T 生産が可能になるような  $\text{LiAlO}_2$  層の外径、内径を設定した。Zr の装荷方法として従来の円筒状の Zr 層に加えて中空部に粒状 Zr を装荷する方法を検討する(図 2)。Sieverts 則により Zr、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ <sup>[6]</sup>表面の T 濃度を求め、非定常拡散計算を行うことで Li ロッドからの T 流出量を算出した。ただし、Li ロッドの温度条件は 800°C とした。図 3 に Zr の拡散係数に対する T 流出量の変化を示す。Zr の T 吸収が均質的である場合と T 吸収がない場合の T 流出量はそれぞれ 0.1, 45 g 程度になる。Zr 装荷量を一定とし、装荷形状を層状(厚さ 1 mm)、粒状(粒径 0.01~1 mm)とした。このとき粒状 Zr の表面積は層状 Zr に比べ 3~300 倍に増加する。T 流出量は拡散係数が低いほど増加するが粒状にすることで T 流出を抑えることができ、粒径を小さくするとさらに T 流出量が低減する。拡散係数が低下すると形状による T 流出量の差が大きくなる。また、Zr の層の厚さや粒子数を変化させた時の Zr 装荷量と T 流出量の関係は図 4 のようになった。層状の場合、Zr 装荷量を増やしてもある一定量からは T 流出量は減少しない。一方で粒状 Zr を装荷した場合は装荷量を増やすと T 流出量が減少する。これは Zr 装荷量を増やしても層状 Zr の表面積はほぼ一定であるが、粒状では装荷量に比例して総表面積も増加するためである。これらより Zr 水素吸蔵性能低下時においても Zr 装荷方法を変えることで T 閉じ込め性能を維持できる可能性を示した。

### 参考文献

- [1] H. Matsuura, et al.: Nucl. Eng. Des., **243** (2012), 95-101.  
[2] H. Nakaya, et al: Nucl. Eng. Des., **292** (2015), 277-282.  
[3] R. Okamoto, et al., 日本原子力学会 2017 秋の年会  
[4] T. Nakata, et al., JAERI-Tech., **087**(2002)  
[5] Y. Nagaya, et al., JAERI-Tech., **1348**(2005)  
[6] K. Katayama et al., Fusion Sci Tech., **68**(2015)62.

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

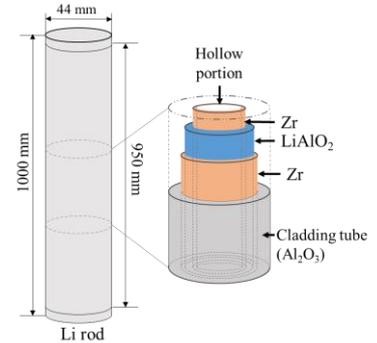


図 1 Li ロッド概要

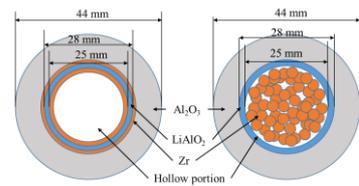


図 2 Li ロッド断面図

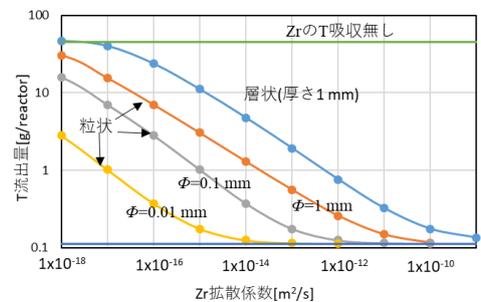


図 3 Zr 拡散係数と T 流出量の関係

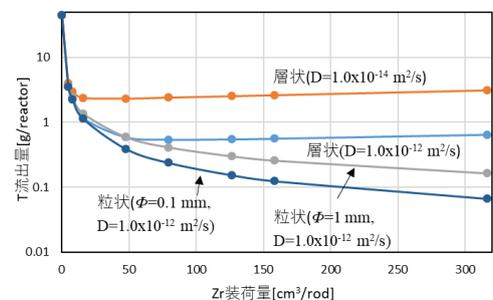


図 4 Zr 装荷量と T 流出量の関係