

高温ガス炉における T 製造用 Li ロッドの検討 ~T 閉じ込め性能に及ぼす Li 核発熱の影響~

Study on T-production Li rod for HTGR

~ Influence of Li nuclear heat generation on T containment performance ~

*古賀友稀¹, 松浦秀明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, 濱本真平⁴, 飛田健次⁵

¹九大院工, ²九大院総理工, ³近大理工, ⁴JAEA, ⁵QST

高温ガス炉におけるトリチウム(T)製造用 Li ロッドにおいては、 ${}^6\text{Li}(n,\alpha)\text{T}$ 反応による核発熱が生じる。本研究では核発熱によるロッド内の温度分布が Li ロッドからの T 流出量に及ぼす影響を調べた。

キーワード: 高温ガス炉, トリチウム製造, Li ロッド, 核発熱, トリチウム閉じ込め

1. 緒言

DT 核融合炉の研究開発において、炉工学試験の実施や原型炉初期装荷用にトリチウム(T)が必要である。T の調達方法として高温ガス炉に Li を装荷することによる T 製造法が提案されている[1]。この T 製造法では ${}^6\text{Li}(n,\alpha)\text{T}$ 反応を利用する。我々は Li 装荷体として図 1 の構造を持つ Li ロッドを検討している。高温条件における T 閉じ込め性能維持のために Zr の利用を想定しているが、Zr 表面の水素化物や酸化物の形成による T 吸収性能低下を防ぐためには Zr に Ni 被覆を施す必要がある[2]。ロッド内では ${}^6\text{Li}(n,\alpha)\text{T}$ 反応により温度分布が生じる。HTTR(高温工学試験研究炉)を用いた T 製造を想定した場合、Li ロッド内の核発熱は 1 本当たり 300 W 程度と見積もられる。これによりアルミナ層の T 閉じ込め性能は低下するが、Zr の T 吸収性能の向上により T 流出量を抑制できる可能性がある。本研究では Li の核発熱が Li ロッドの T 流出に及ぼす影響を評価する。

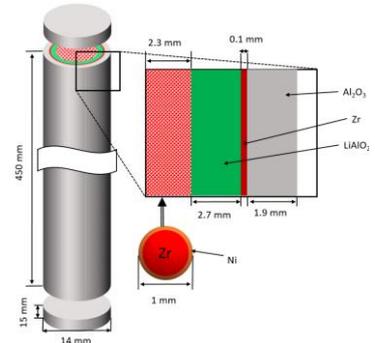


図 1 Li ロッドの構造

2. 評価方法

1120 K の燃料ブロックに装荷した Li ロッドに対する熱伝導方程式を解くことで Li ロッドの温度分布を評価した。温度に応じたアルミナ層の T 拡散係数[3]、中空部温度及び Zr の T 吸収時間 τ (T 分圧が e^{-1} になる時間と定義[2])を用いて、T 発生・流出・吸収のバランス式により T 流出量を評価した。今回は Zr 温度上昇により τ が低下する関係が、Zr 表面に水素化物や酸化物が形成することに影響されないと仮定した。計算条件として熱出力 30 MW の HTTR を用いて年間 30 g の T を製造することを想定した。従って Li ロッドの T 製造量は 1 本当たり 0.0667 g、発熱量は 329 W となる。

3. 結果及び考察

図 2 に Li ロッドの温度分布及び 1 年運転後の T 存在量を示す。核発熱を考慮することで Li ロッド表面温度は 1140 K、アルミナ層最大温度は 1147 K、中心の最大温度は 1156 K に上昇する(核発熱を考慮しない場合は 1120 K で一様)。運転期間に対する T 流出量(積算値)を図 3 に示す。核発熱を考慮しない場合、Zr 水素吸蔵実験から評価した τ は 1.22 ms[2] であるため T 内圧が 5.6×10^{-4} Pa となり、Li ロッドの T 流出率は 8.8×10^{-4} % になる。核発熱を考慮した場合、アルミナの拡散係数は最大 9% 増加する。一方 τ は 0.794 ms に低下し T 内圧が 3.8×10^{-4} Pa に減少する。これによりアルミナ層中の T 量が低下し、T 流出量が 8.5% 減少することが分かった。また、核発熱の考慮による T 流出量減少の度合いは Zr 性能の低下に従って増加した。発表では HTTR を用いた T 製造時における T 流出量をより正確に評価するため、HTTR 炉心各段の温度の違いを考慮し、各位置での T 製造量、Li ロッド発熱量から炉心全体としての T 流出量を評価する。

参考文献

[1] H. Matsuura, et al.: Nucl. Eng. Des., 243 (2012) 95-101. [2] H. Matsuura, et al.: to be published in Nucl. Eng. Des. (online: <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2019.02.009>). [3] K. Katayama, et al., Fusion Sci. Tech., 68 (2015) 662-668.

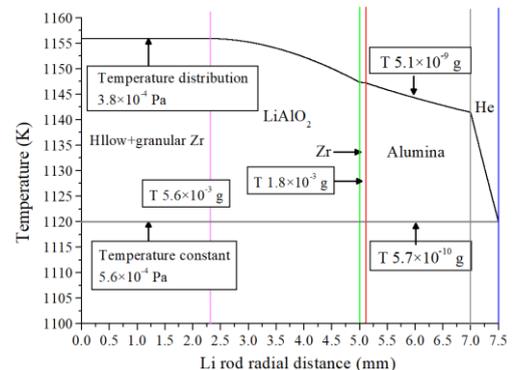


図 2 Li ロッドの温度分布

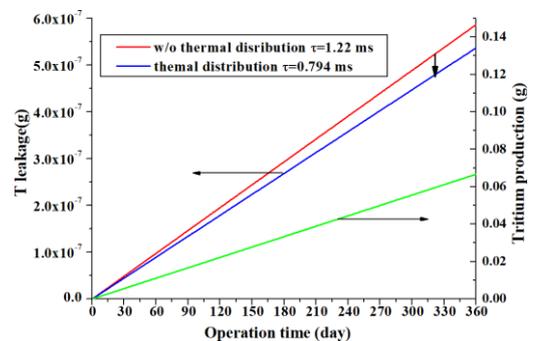


図 3 運転期間に対する T 流出量

*Yuki Koga¹, Hideaki Matsuura¹, Takuro Sugauma¹, Kazunari Katayama², Teppei Otsuka³, Minoru Minoru⁴, Shigeaki Nakagawa⁴, Etsuo Ishitsuka⁴, Shinpei Hamamoto⁴, Kenji Tobita⁵ ^{1,2}Kyushu Univ., ³Kindai Univ., ⁴JAEA, ⁵QST