高温ガス炉における T 製造用 Li ロッドの検討

~炉心非均質性を考慮した Li ロッド構造と装荷法~

Study on T-production Li rod for HTGR

~ Li rod Structure and Loading Method Considering Reactor Core Heterogeneity~
*古賀友稀¹,松浦秀明¹,片山一成²,大塚哲平³,後藤実⁴,濱本真平⁴,
石塚悦男⁴,中川繁昭⁴,飛田健次⁵,日渡良爾⁶,坂本宜照⁶,小西哲之⁷,染谷洋二⁶
¹九大院工,²九大総理工,³近大,⁴JAEA,⁵東北大,⁶QST,⁷京大

従来、高温ガス炉に装荷するトリチウム(T)製造Liロッドを全て同一の構造とした仮定で、T製造性能の評価を行ってきた。炉心には中性子束等の空間分布が存在するため、装荷領域に応じて異なる構造のLiロッドを装荷することでT製造量を高められる可能性がある。これによりT製造量は約1割向上した。 キーワード:核融合炉、トリチウム製造、高温ガス炉、Liロッド、炉心非均質性

1. 緒言

核融合原型炉の起動には初期装荷トリチウム(T)が必要であるが、そ の調達方法は未解決の課題である。Tの調達方法の一つとして、Liロ ッドを高温ガス炉に装荷することによるT製造法を提案している[1]。 現在想定されているLiロッドの構造をFig.1に示す。Liロッドの円筒 状Al₂O₃内部にはLiAlO₂層があり、高温運転におけるT閉じ込め性能 を維持するため、T吸収体として酸化防止用Ni被覆を施したZr層と 粒状Zrを封入することを想定している[2]。従来、高温ガス炉に装荷す るLiロッドは全て同一の構造と仮定していた。しかし、実際の炉心の 組成は非均質であり、温度や中性子束等に空間分布が存在する。中性 子束等の空間分布に応じて異なる構造のLiロッドを装荷することでT 製造量を最適化し、T流出量を低下できる可能性がある。本研究では HTTR(高温工学試験研究炉)を対象とし、燃料領域に応じて構造の異な るLiロッドを装荷することによるT製造及び閉じ込め性能の向上を評価 した。

2. 評価方法

本研究では Fig.2 に示す HTTR 炉心を想定し、MVP-BURN[3]を用いた中性 子輸送計算及び核燃焼計算により T 製造量及び実効増倍率(keff)を評価し た。計算では、制御棒は運転期間に渡り全引抜状態を仮定した。この体系 で5段の炉心にわたる燃料領域 1~4 に装荷する Li ロッドの構造や ⁶Li 濃 縮度を Fig.1 の構造から変更し計算した。T 流出量は Zr の水素吸収時間[2] を用いて、拡散方程式を解いて求めた。

結果及び考察

Fig.3 に ⁶Li 装荷量に対する 360 日運転後における通常の Li ロッ ドと ⁶Li 濃縮度 90%の Li ロッドの T 製造量と k_{eff} 示す。 ⁶Li 濃縮度 90%の Li ロッドの評価では、炉心外側[燃料領域 3,4(Fig.2)]での ⁶Li 装荷量を通常の Li ロッドより 40%増やした。ただし、炉心内側[燃 料領域 1,2(Fig.2)]での ⁶Li 装荷量を減らし、全体の ⁶Li 量を通常の Li ロッドを用いた場合と一致させた。どちらの結果においても、 ⁶Li 装荷量が増加するにつれて T 製造量が増加し、 k_{eff} は低下した。 原子炉の運転が可能な運転終了時の k_{eff} は 1.02 以上と想定したた め、通常の Li ロッドを使用した場合、より多くの ⁶Li を装荷す ることが可能になり、最大 T 製造量は 32 g となった。この要因は 以下のように考えられる。炉心内側では Li ロッド 1 本当たりの T 製造量は多いが、反応度価値が高いため ⁶Li 装荷量を増やすことで 大きく k_{eff} は低下する。一方、炉心外側で ⁶Li 装荷量を増加しても



Fig.1. Li ロッドの構造







反応度価値は小さいため keff への影響は小さいが、ロッド本数が多いため T 製造量は増加する。また、⁶Li 濃縮度 90 %の Li ロッドは LiAlO₂体積低下分の Zr が追加されることにより T 流出量は 40 %低下した。発表では、燃料領域に応じて Li ロッド構造を変更することで生じる炉心の温度分布等の変化について報告する。

参考文献

H. Matsuura, et al.: Nucl. Eng. Des., 243 (2012) 95-101.
 H. Matsuura, et al., Fusion Eng. Des. 146(2019) 1077-1081.
 K. Okumura, et al., J. Nucl. Sci. Tech., 37 (2000), 128-138.

*Yuki Koga¹, Hideaki Matsuura¹, Kazunari Katayama², Teppei Otsuka³, Minoru Goto⁴, Shimpei Hamamoto⁴, Etsuo Ishitsuka⁴, Shigeaki Nakagawa⁴, Kenji, Tobita⁵, Ryoji Hiwatari⁶, Yoshiteru Sakamoto⁶, Satoshi Konishi⁷, Youji Someya⁶

^{1,2}Kyushu Univ., ³Kindai Univ., ⁴JAEA, ⁵Tohoku Univ., ⁶QST, ⁷Kyoto Univ.