

高温ガス炉を用いた初期核融合炉用トリチウム生産法の検討 —非定常拡散計算によるトリチウム閉じ込め性能の評価及び最適化—

Study on tritium production for initial fusion reactor using high temperature gas cooled reactor -Evaluation of tritium confinement and optimization based on unsteady diffusion calculation-

長住達, 中屋裕行, 松浦秀明, 片山一成, 大塚哲平, 後藤実, 中川繁昭

Satoru Nagasumi¹, Hiroyuki Nakaya¹, Hideaki Matsuura¹, Kazunari Katayama², Teppei Otsuka²,

Minoru Goto³, Shigeaki Nakagawa³

¹九大院工, ²九大院総理, ³原子力機構

¹Kyushu Univ, ²Kyushu Univ, ³JAEA.

・緒言

核融合炉初期装荷トリチウムの供給手段として、黒鉛減速ヘリウム冷却の次世代型原子炉である高温ガス炉を用いたトリチウム生産法が提案されており、その有効性が示されている[1]。計算体系として、既に設計がなされている高温ガス炉ガスタービン発電システム(GTHTR300)[2]を想定しており、Li化合物は燃料ブロック中の可燃性毒物装荷孔(BPホール)に装荷される。生成されたトリチウムが炉心内へ拡散することを防ぐため、Liロッド(図1)と呼ばれる、中空円筒状のLi化合物を Al_2O_3 で被覆した、Li装荷体を検討している[3]。Liロッドから流出したトリチウムは冷却材であるヘリウムガスに混入し、回収される。これまで定常拡散計算に基づく、Liロッドから冷却材であるヘリウムへのトリチウム流出量の評価が行われているが、より正確に流出量の評価を行うためには、非定常拡散計算に基づいたトリチウム流出量の評価を行う必要がある。今回の発表では新たに非定常拡散計算に基づくトリチウム流出量の評価を行い、従来の評価方法に基づく評価値[3]と比較する。

・計算体系

今回の計算モデルはGTHTR300の設計に準拠した炉心体系を想定し、運転期間180日間として、計算コードMVP-BURN[4]を用いて燃焼計算を行った。Liロッドの直径はBP孔の直径である44 mmに固定する。また、Liロッド外へのトリチウム流出量については、実験で得られた Al_2O_3 の拡散係数等[5]を用いて拡散計算を行い評価した。

・検討結果

図2に Al_2O_3 の厚みとトリチウムの生産量及び流出量の関係を示す。LiAlO₂の装荷量は1300 kgと950 kgの2パターンを想定した。 Al_2O_3 の厚みが大きくなるに従いトリチウム生産量が減少するが、その原因はLiの自己遮蔽効果及びLi層の表面積の減少に伴うLiロッド内の平均中性子束の減少によるものである。また、トリチウムの流出量は Al_2O_3 の厚みが大きくなるに従って減少するが、厚みが大きすぎると、トリチウムを溜めておく中空部の体積が非常に小さくなることで内圧が上昇してしまうため、流出量が増大してしまう。生産量を確保し流出量を低減するためには Al_2O_3 の厚みを6~10 mmにすることが望ましい。LiAlO₂の装荷量が1300 kgの場合、流出量の最小値を比較すると、定常拡散計算に基づく以前の評価方法では、4 g程度であった流出量が、今回の評価では2 g程度になることが分かった。 Al_2O_3 の厚みが大きくなるに従い Al_2O_3 中のトリチウム濃度分布が定常状態に到達するまでの時間が長くなることで、Liロッド外表面におけるトリチウムの質量流束が減少する。そのため今回のトリチウム流出量の評価値が以前の評価値より減少したと考えられる。

・謝辞

本研究は科研費 15H04230 の助成を受けたものです。

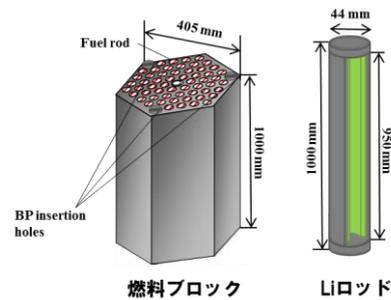


図 1. Li ロッドの概略図

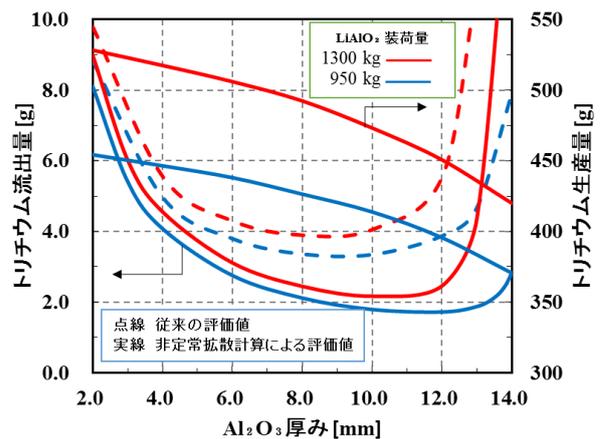


図 2. Al_2O_3 の厚みとトリチウムの流出量及び生産量の関係

[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] Y. Nagaya, et al., JAERI-Tech., 1348 (2005).

[5] K. Katayama, et al., Fusion Sci. Technol., 68 (2015) 62.