

高温ガス炉を用いた初期核融合炉用トリチウム生産の検討 —Li 化合物の装荷方法及び運転シナリオの最適化—

Study on tritium production for initial fusion reactor using high temperature gas cooled reactor
—Pattern of Li compound loading and optimization of reactor operation scenario—

中屋裕行, 松浦秀明, 中尾安幸, 島川聡司, 後藤実, 中川繁昭, 西川正史
Hiroyuki Nakaya¹, Hideaki matsuura¹, Yasuyuki Nakao¹, Satoshi Shimakawa²,
Minoru Goto², Shigeaki Nakagawa², Masabumi Nishikawa³

¹九大院工, ²JAEA, ³九大院総理工
¹Kyushu Univ., ²JAEA, ³Kyushu Univ.

・ 緒言

将来的に十分な台数の核融合炉が稼動すれば核融合炉に必要なトリチウムは、核融合炉自身で生産し供給される。しかし、最初の核融合炉のためのトリチウムを用意するには外部トリチウム供給源が必要である。また、核融合炉の数が少ない導入初期において、外部トリチウム供給源を利用することにより新たな核融合炉の導入を円滑に行うことが出来る。年間 5~10kg のトリチウムを供給することが出来れば外部トリチウム供給源としての役割を果たすことが出来る[1]。我々は外部トリチウム供給源として Li 化合物を装荷した高温ガス炉を提案している[2]。高温ガス炉として、すで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)[3]を想定し、トリチウム生産性能の評価を行ってきた。

これまでは GTHTR300 の設計をそのまま使用できるように可燃性毒物装荷孔(BP ホール)に B₄C の代わりに Li 化合物を装荷し、トリチウムを生産する方法を検討してきた。しかし、⁶Li 密度が低い化合物の装荷を想定した場合、Li を濃縮せずに十分な量の ⁶Li を装荷するためには、装荷量を増やす方法を検討する必要がある。また、トリチウムの年間生産量は運転期間により変化するため、最適な運転期間を検討する必要がある。

本研究では Li 化合物として ⁶Li 密度が低い LiAlO₂ を想定し、十分な量を装荷する方法を検討する。その場合にどの程度のトリチウムが生産されるかを評価する。また、トリチウムを最も多く生産するために運転期間の最適化を検討する。

・ 計算体系

GTHTR300 の設計に準拠した炉心体系を想定し、全炉心燃焼計算を行った。LiAlO₂ は熱分解炭素などで 4 重に被覆し、黒鉛で焼き固めペレットとする。LiAlO₂ を燃料カラムの BP ホールの他に、可動反射体カラムへも装荷する。図 1 に Li 化合物を装荷した炉心の水平方向断面図を示す。

・ 検討結果

上記の装荷方法により ⁶Li 密度が低い LiAlO₂ でも 180 日間の運転で熱出力 600MW の GTHTR300 一基当たり 0.8kg のトリチウムを生産することが出来る。本研究ではこの装荷方法の下で運転シナリオの検討を行う。

図 2 に燃料や Li 化合物の交換期間に応じたトリチウムの年間生産量を示す。年間生産量は

$$\text{年間生産量[kg/年]} = \frac{\text{運転期間中の生産量[kg]} \times 365[\text{日/年}]}{\text{運転期間[日]} + \text{交換期間[日]}}$$

と定義する。運転期間を長くするほど臨界を保つため、装荷する LiAlO₂ 量を減らす必要がある。そのため、運転期間が長くなるほどトリチウムの年間生産量は低下する(交換期間 0 日)。一方で、運転期間が長いと燃料や Li 化合物を交換する頻度は少なくなる。交換回数が多くなる短期間の運転では、交換期間を 10 日、20 日、30 日と長くしていくと、長期間の運転よりも年間生産量は減少する。GTHTR300 の設計では、半分の燃料の交換に要する期間が 2 週間となっているため、本研究では余裕を持たせて設計の 2 倍の 30 日を最大の交換期間とした。この場合、運転期間が 180 日から 240 日のときにトリチウムの年間生産量は最大となり、熱出力 600MW の GTHTR300 一基でトリチウムは年間 1.4kg 生産することが出来る。軽水炉一基の熱出力 3GW (GTHTR300 五基分) あたりに換算すると年間 7kg のトリチウムを生産することが出来る。

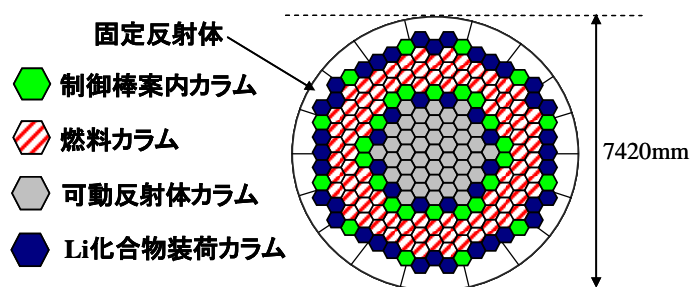


図 1. GTHTR300 の炉心水平方向断面図

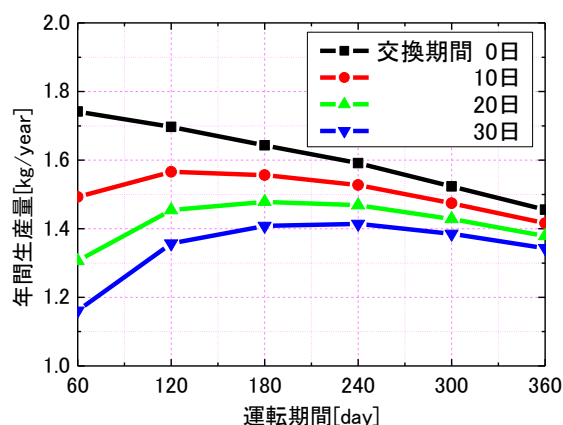


図 2. 交換期間に応じたトリチウムの年間生産量

- [1] M. Nishikawa, et al., Nuclear Engineering and Design, **87**(2012) 466.
- [2] H. Matsuura, et al., Nuclear Engineering and Design, **243** (2012) 95.
- [3] T. Nakata, et, al., JAERI-Tech 2002-087.