

トリチウムを製造するLi装荷高温ガス炉の核熱特性評価

Evaluation of Nuclear and Thermal Characteristics of Lithium Loaded HTGR for Tritium Production

後藤実¹, 奥村啓介¹, 中川繁昭¹, 稲葉良知¹, 松浦秀明², 中屋裕行², 片山一成²
M. Goto¹, K. Okumura¹, S. Nakagawa¹, Y. Inaba¹, H. Matsuura², H. Nakaya², K. Katayama²

¹原子力機構, ²九州大学
¹JAEA, ²Kyushu Univ.

1. 緒言

Li化合物を高温ガス炉に装荷 (Li装荷高温ガス炉) して⁶Li(n,α)T反応により初期核融合炉用トリチウム燃料を製造する方法が提案されている¹⁾。これまでに、Li装荷高温ガス炉を用いたトリチウム製造システムの工学的成立性²⁾、効率的なトリチウムの製造方法³⁾などの検討が行われてきたが、核的および熱的な成立性に関する検討は行われていなかった。そこで、本研究では、想定したLi装荷高温ガス炉について、核的および熱的な成立性を確認するための核熱特性評価を行った。

2. 高温ガス炉の概要

高温ガス炉は、炉心の構造材に黒鉛、冷却材にヘリウムガスを用いた熱中性子炉である。高温ガス炉の特長として、1000°C程度の高温の熱利用による高効率発電や水素製造、セラミック被覆燃料の採用などによる高い安全性が挙げられ、世界の研究機関で設計研究が進められている。

日本は、世界で唯一稼働中のブロック型高温ガス炉である高温工学試験研究炉⁴⁾ (HTTR : High Temperature engineering Test Reactor) を有しており、将来の実用高温ガス炉の設計に必要な貴重なデータが取得されている。また、HTTRではLi化合物の照射によるトリチウム製造実証のための照射試験が可能である。

3. 評価方法

Li装荷高温ガス炉としてLiAlO₂を装荷した小型高温ガス炉HTR50S³⁾を想定し、核熱特性評価を行った。トリチウムの製造量を確保し且つHTR50Sの発電や熱利用に係わる性能をできるだけ損なわないようにするために、LiAlO₂は可燃性毒物の代わりに棒状に装荷 (図1参照) することとした。

SRACコードシステム⁶⁾を用いてLi装荷高温ガス炉の炉心燃焼計算を行い、①炉停止余裕、②反応度温度係数、③運転期間、および④トリチウムの製造量を解析した。炉心燃焼計算には、⁶Li(n,α)T反応を考慮した燃焼チェーンを新たに作成して用いた。炉心燃焼計算で得られた出力分布の解析値を用いて⑤燃料最高温度を解析した。①~③および⑤の解析値が設計要求⁵⁾を満たすことをもって、核的および熱

的な成立性を確認することとした。なお、設計要求のうち運転期間については、原子炉の効率的な運転に最低限必要な期間として1年以上と設定した。

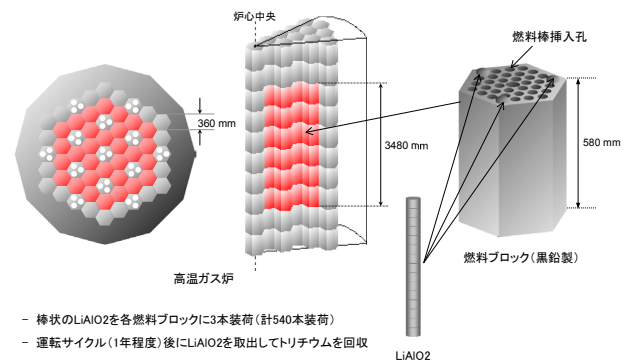


図1 LiAlO₂の高温ガス炉への装荷方法

4. 結言

各項目の設計要求および解析値を表1に示す。①~③および⑤の各解析値は設計要求を満たすとともに、トリチウムの製造量の解析値は1 g/MW-yearとなった。以上より、1 g/MW-yearのトリチウム製造が可能なるLiAlO₂を装荷した高温ガス炉が、核的及び熱的に成立することを確認した。

表1 設計要求および解析値

項目	設計要求	解析値
①炉停止余裕	≥1%Δk/k	>15%Δk/k
②反応度温度係数	< 0%Δk/k/°C	< -0.06%Δk/k/°C
③運転期間	≥1 year	≥1 year
④トリチウム製造量	—	1 g/MW-year
⑤燃料最高温度	≤1495°C	1473°C

引用文献

- 1) H. Matsuura, et al., Nucl. Eng. Des., 243 (2012).
- 2) 後藤実 他、第30回プラ核学会 (2013).
- 3) H. Nakaya, et al., Nucl. Eng. Des., 271 (2014).
- 4) S. Saito, et al., JAERI 1332 (1994).
- 5) 後藤実 他、JAEA-Technology 2012-017 (2012).
- 6) K. Okumura, et al., JAEA Data/Code 2007-004 (2007).

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 26420860 の助成を受けたものです。