

核融合工学部会セッション「高温ガス炉を用いたトリチウム生産手法の検討と今後の展開」

(3) トリチウム製造とエネルギー生産を両立する高温ガス炉の核熱設計

(3) Nuclear and Thermal Design of the High-Temperature Gas-Cooled Reactor for Tritium Production and Power Generation

*後藤 実¹, 中川 繁昭¹, 松浦 秀明², 片山 一成²

¹原子力機構, ²九州大学

1. 緒言

高温ガス炉にリチウム化合物を装荷して ${}^6\text{Li}(n,\alpha)\text{T}$ 反応を用いるトリチウム製造は、高温ガス炉の本来の目的であるエネルギー生産と両立して行う。本報では、それを可能とするリチウム装荷高温ガス炉の核熱設計の成立性について述べる。

2. 高温ガス炉の概要

燃料には直径約 1mm の被覆燃料粒子が用いられ、炉心は燃料棒が装荷された黒鉛製ブロック（燃料ブロック）の積層構造である（図 1）。原子炉出口冷却材温度は $750^\circ\text{C}\sim 950^\circ\text{C}$ で、この高温による高効率発電及び水素製造等への熱利用が高温ガス炉の大きな特長の 1 つである。また、全電源を喪失しても、特段の設備に頼ることなく物理現象によって原子炉が安定し、極めて安全性が高いことも大きな特長である。

わが国は熱出力 30MW の高温ガス炉（High Temperature engineering Test Reactor : HTTR [1], 原子力機構大洗に設置）を有している。HTTR は 2010 年に原子炉出口冷却材温度 950°C の 50 日間連続運転に成功し、長期にわたって安定に運転ができることを実証した。

3. 核熱設計

リチウム装荷高温ガス炉の核熱設計は、原子力機構が設計研究を行った熱出力 50MW の高温ガス炉 HTR50S [2] をベースにして行った。エネルギー生産炉としての経済性の観点から燃焼期間は 1 年以上、燃料破損防止の観点から燃料最高温度は HTTR の制限値と同じ 1495°C 、原子炉の安全性の観点から炉停止余裕は $1\%\Delta k/k$ 以上及び反応度温度係数は負であることを核熱設計の成立条件に設定した。各燃料ブロックのダウエルピンの下に可燃性毒物として装荷する B_4C の代わりに LiAlO_2 を装荷することとし（図 2）、核熱設計が成立するように装荷方法を調整した。炉心燃焼計算による核特性値及び燃料温度の計算結果は、表 1 に示すように設定した成立条件を満たすことから、リチウム装荷高温ガス炉の核熱設計の成立性を確認した。なお、トリチウムの製造量の計算結果は 50 g/year となった。

4. 結言

トリチウム製造とエネルギー生産を両立する高温ガス炉の核熱設計の成立性を確認した。今後は、高温ガス炉を用いたトリチウム製造技術の確立に向け、製造したトリチウムの閉じ込め性能の向上や照射試験の実施等について検討を進めていく。

参考文献

[1] S. Saito, et al., JAERI 1332, 1994. [2] 後藤実 他, JAEA-Technology 2012-017 (2012).
本研究は、JSPS 科研費 26420860 の助成を受けたものです。

*Minoru Goto¹, Shigeaki Nakagawa¹, Hideaki Matsuura² and Kazunari Katayama²

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Kyushu University

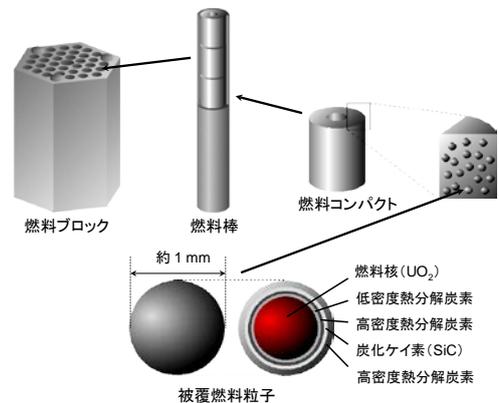


図 1 高温ガス炉の燃料の構成

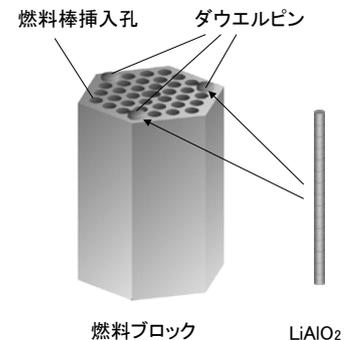


図 2 LiAlO_2 の装荷

表 1 計算結果

項目	成立条件	計算値
運転期間	≥ 1 year	1 year
炉停止余裕	$\geq 1\%\Delta k/k$	$> 15\%\Delta k/k$
反応度温度係数	$< 0\%\Delta k/k/^\circ\text{C}$	$< -0.06\%\Delta k/k/^\circ\text{C}$
燃料最高温度	$\leq 1495^\circ\text{C}$	1473°C