

高温ガス炉を用いたトリチウム製造の工学的な検討

Engineering Study of Tritium Production with High Temperature Gas-cooled Reactor

後藤実¹, 中川繁昭¹, 島川聡司¹, 松浦秀明², 中屋裕行², 片山一成²
M. Goto¹, S. Nakagawa¹, S. Shimakawa¹, H. Matsuura², H. Nakaya², K. Katayama²

¹原子力機構, ²九州大学
¹JAEA, ²Kyushu Univ.

1. 緒言

高温ガス炉は、その広い照射領域にトリチウム増殖材であるLi微小球を装荷することで、基本設計をほとんど変えることなく、大量のトリチウムを製造できる可能性があり、初期核融合炉用トリチウム燃料の供給源としての利用が提案されている¹⁾。しかしながら、これまでに高温ガス炉を用いたトリチウム製造の実績はなく、システムの実現性に関する検討もほとんど行われていない。そこで、想定した高温ガス炉を用いたトリチウム製造システムについて、工学的な観点からシステムの実現性を検討した。

2. 高温ガス炉を用いたトリチウム製造システムの概要

2. 1 高温ガス炉

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、セラミック被覆燃料の採用等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²⁾ (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はLi化合物の照射によるトリチウム製造試験の実施許可を取得している。

2. 2 トリチウム製造システム

想定したトリチウム製造システムでは、Li微小球を高温ガス炉に装荷し、 ${}^6\text{Li}(n,\alpha)\text{T}$ 反応を用いてトリチウムを製造する。原子炉冷却材が循環する1次冷却システムのトリチウムによる放射能汚染を避けるために、Li微小球はトリチウムの透過を防ぐ機能を持つ材料で被覆(被覆Li微小球)して炉心に装荷する(Fig. 1)。また、原子炉の設計変更を最小限にするために、トリチウムの回収方法は、一定期間照射した後回収するバッチ方式とする。

3. 検討方法

高温ガス炉を用いたトリチウム製造システムを、①被覆Li微小球の製造、②被覆Li微小球の炉心への

装荷、③被覆Li微小球の炉心からの取出し、④被覆Li微小球からのトリチウムの回収、の4つの工程に分け、工学的な観点から各工程の実現性を検討した。

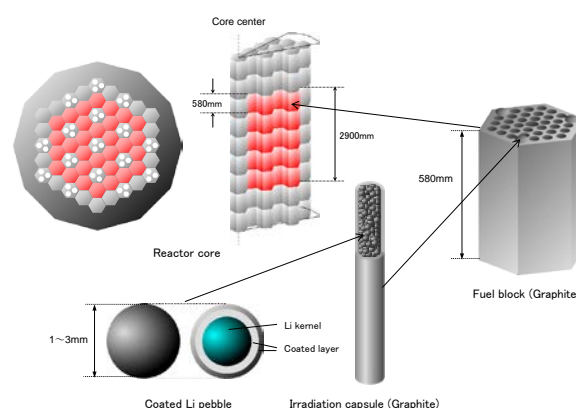


Fig. 1 Example of Li loading method into HTTR

4. 結言

Li微小球については、 Li_2TiO_3 や LiAlO_2 を用いた製造績があるが、Li微小球への被覆層作製実績はない。HTTRの被覆燃料粒子の被覆工程温度は1400°C程度と高温であるが、 Li_2TiO_3 および LiAlO_2 の融点は、それより100~200°C程度高い。したがって、工程①については、HTTRの被覆燃料粒子の製造技術を用いることができ、実現性は十分ある。工程②および③についてはHTTRの燃料取扱い技術、工程④についてはHTTR使用済燃料の再処理技術を用いることで、それぞれ実現性は十分ある。

今後は、トリチウムの製造効率を上げるための検討および炉心の核的および熱的な成立性評価、被覆Li微小球の製造実証試験、HTTRを用いたトリチウム製造実証試験の実施へとつなげ、高温ガス炉を用いたトリチウム製造技術の確立を目指す。

引用文献

- 1) H. Matsuura, et al., "Performance of high temperature gas cooled reactor as a tritium production device for fusion reactors," Nuclear Engineering and Design, 243 (2012).
- 2) S. Saito, et al., "Design of High Temperature Engineering Test Reactor (HTTR)," JAERI 1332 (1994).