

核融合炉燃料サイクルにおけるトリチウムバランスの検討 Study on tritium balance in the fuel cycle of fusion reactors

片山一成¹, 一本杉旭人¹, 増田健太郎¹
KATAYAMA Kazunari¹, IPPONSUGI Akito¹, MASUTA Kentaro¹
OYA Makoto¹, TAKEISHI Toshiharu¹

¹九大総理工
¹Kyushu Univ.

1. 緒言

核融合炉燃料システム的设计においてトリチウムバランスの評価は重要な課題のひとつである。必要な初期装荷量や増殖比の設定、インベントリ最小化の方策などを検討するためには、各サブシステムにおけるトリチウムインベントリの時間変化を把握し、各種パラメータがこれにどの程度影響を与えるかを理解する必要がある。燃料サイクルシステムは、多数のサブシステムから構成され、これらが複雑に接続されることから、核融合炉におけるトリチウムバランス評価は容易ではない。朝岡らは、図1に示すような簡略化された燃料循環系に対して平均滞留時間(MRT)法を適用し、トリチウムバランスを評価している[1]。当時は Li_4SiO_4 等の増殖材が想定されていたが、JA-DEMOでは、 Li_2TiO_3 の利用が想定されている。本研究では、T増殖ブランケットに注目し、朝岡らのモデル[1]に Li_2TiO_3 におけるトリチウムの基礎移動特性を適用して、その影響を評価した。

2. 平均滞留時間評価手法

ブランケットモジュール内においては、増殖材、配管、パージガス、冷却水等にトリチウムが滞留することになる。以前の研究[2]により、増殖材への滞留量が最も大きいと見積もられたことから、増殖材におけるMRTの評価が重要と考えている。増殖材におけるMRTは、インベントリとトリチウム生成速度の比から見積もることができる。朝岡らの評価では、ブランケットトリチウム回収系におけるT-MRTが5日と仮定されているものの、その根拠は示されていない。そこで、西川らにより報告されている増殖材のT-MRT評価手法[3]を Li_4SiO_4 および Li_2TiO_3 に適用し、それぞれの増殖材におけるT-MRTを求めた。増殖材におけるインベントリについては、拡散インベントリ、吸着インベントリ、同位体交換容量によるインベントリを考慮した。

3. 増殖材のトリチウム平均滞留時間評価結果

図2に Li_4SiO_4 及び Li_2TiO_3 のT-MRTの評価値を比較する。ここでは、トリチウム生成速度を400g/dayとし、各増殖材のリチウム量を等しく設定した。パージガスには、100Paの軽水素を添加し、1Paの水蒸気粒径が小さいと表面インベントリの影響を受け、粒径が大きいと拡散インベントリの影響を受ける。また、温度が高いほど平均滞留時間が短くなる。これは、 Li_4SiO_4 よりも Li_2TiO_3 の方がトリチウム拡散係数が大きいためである。朝岡らが想定したMRT 5日は、結晶粒径10 μm の Li_4SiO_4 を500 $^{\circ}\text{C}$ で使用した場合に相当する。

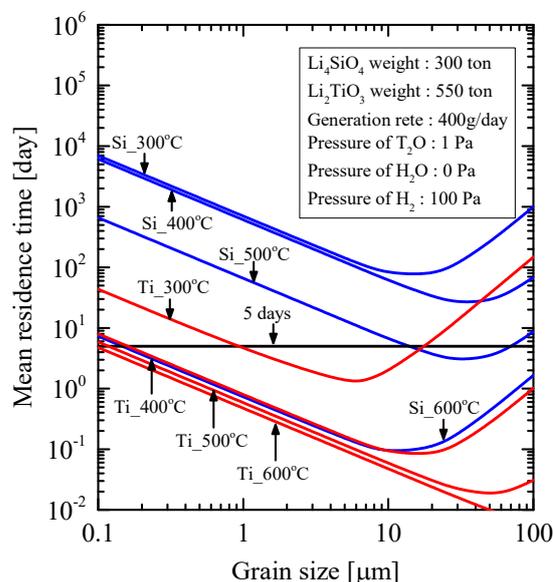


図1 増殖材におけるトリチウム平均滞留時間

参考文献

- [1] Y. Asaoka et al., Fusion technol. 30 (1996) 853-863.
- [2] K. Katayama et al., Fusion Eng. Des. 113 (2016) 221-226.
- [3] M. Nishikawa et al., J. Nucl. Mater. 246 (1997) 1-8.