

核融合炉トリチウムダイナミクスへの増殖トリチウム放出化学形の影響 Influence of chemical form of bred tritium in the blanket on tritium dynamics in fuel cycle system of fusion reactors

大山 藍¹、片山一成¹、一本杉旭人¹、大宅 諒¹
OYAMA Ran, KATAYAMA Kazunari, IPPONSUGI Akito, OYA Makoto

¹九州大学
¹Kyushu University

1. 緒言

現在、次世代のエネルギー源として、重水素とトリチウムの核融合反応を利用した核融合炉の研究開発が進められている。核融合炉の実現のため、燃料サイクル成立性や安全性確保の観点が必要である。そこで、シミュレーションにて、トリチウム燃料循環システム中のトリチウム挙動を把握し、トリチウムバランスを評価する必要がある。

先行研究[1,2]を参考に、本研究で想定した燃料循環システムモデルを図1に示す。このモデルには、10のサブシステムと2つのトリチウム循環経路が描かれている。

(1)内部サイクル

①真空ポンプ,②排気排ガス処理系,③同位体分離系(ISS),④貯蔵系,⑤燃料入射系,⑥トリチウム除去系,⑦トリチウム水処理系(WDS)を循環し、真空ポンプを介して炉心プラズマから排出されたトリチウムを核融合炉の燃料として適切な純度、物理的形状、必要なDT比になるように処理する。

(2)外部サイクル

⑧増殖ゾーン,⑨トリチウム抽出系,⑩冷却材精製系を循環し、ブランケットで生成したトリチウムをHeパージガスから分離し、内部サイクルのISSに送る。また、材質 F82H の冷却管を透過し、冷却水に浸透したトリチウムを監視・制御する。

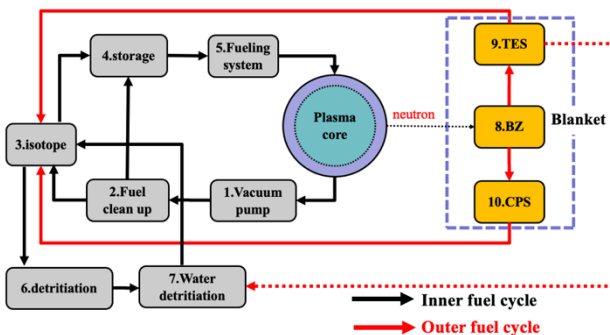


図1 燃料循環システムモデル

本研究では、図1の各サブシステムのトリチウムインベントリと単位時間当たりの処理量に関するバランス式を解き、各サブシステムにおけるインベントリの時間変化の解析を行った。

2. 解析条件

解析1として、先行研究[1]と原型炉(JA DEMO)概念設計[3]を参考に、核融合炉出力 1.43GW、トリチウム増殖率 1.07、初期装荷トリチウム量 10kg 時の各種システムにおけるトリチウムインベントリを解析した。サブシステムの時定数は先行研究[1,4]を参考にした。

解析2として、増殖トリチウムの放出化学形によるシステムへの影響に関して検討した。放出化学形には HT, HTO の2種類があり、トリチウム回収時のパージガスの影響を強く受ける。また HT と HTO で回収経路が異なり、HT は直接 ISS に送られるが、HTO は WDS を経由する必要がある。ここでは、先行研究[1]に示される簡略化されていたブランケットでのトリチウム挙動を詳細にモデル化しインベントリの計算を行った。

3. 解析結果

解析1: 図2の結果から、5日後に貯蔵系内のトリチウム量が最小値約 3.2~3.84kg となり、初期装荷量 10kg のうち約 6.2~6.8kg が使用されたと示された。すなわち、初期装荷量が最低でも約 7kg あれば核融合炉が連続的に稼働できることが分かった。

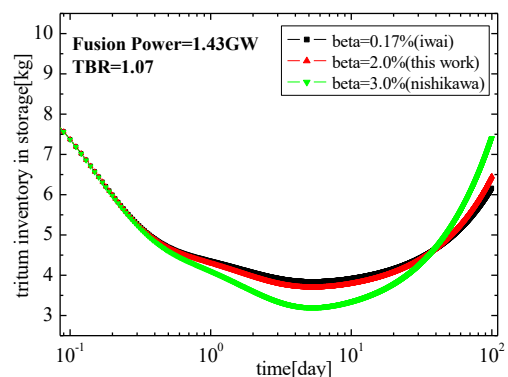


図2 貯蔵系におけるトリチウムの時間変化

解析2: HTの組成で回収したほうが初期装荷トリチウム量の減少が少ないことが示唆された。

参考文献

[1] M. Abdou et al., Nucl. Fusion **61** (2021) 013001.
[2] Y. Asaoka et al., Fusion Technol. **30** (1996) 853-862.
[3] K. Tobita et al., Fusion Sci. Technol. **75** (2019) 372-383.
[4] D. Baiquan et al., Fusion Eng. Des. **55** (2001) 359-364.