

DT核融合炉ブランケットシステムにおけるトリチウム挙動に関する研究 Study on tritium behavior in DT fusion reactors blanket system

片山翔太¹, 片山一成¹, 一本杉旭人¹, 松本 拓¹, 大宅 諒¹
KATAYAMA Shota¹, KATAYAMA Kazunari¹, IPPONSUGI Akito¹
MATSUMOTO Taku¹, OYA Makoto¹

¹九大総理工
¹Kyushu Univ.

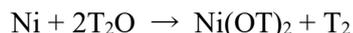
1. 緒言

JA-DEMOでは、冷却材として高温高压水が想定されており、ブランケットトリチウム増殖部から透過漏洩したトリチウム(T)は、一次冷却水に移行し、さらに熱交換器を介して二次冷却水へ移行する[1]。T安全管理の観点から、一連のT移行速度を評価し、水処理システムの規模や発電システムメンテナンス時のT管理対策を検討しておかなければならない。本研究では、先行研究によるトリチウム移行速度評価値を用いて、一次冷却水および二次冷却水のT濃度変化を見積もった。

2. 評価方法

先行研究により[2]、プラズマからダイバータに入射されたTの冷却水への移行速度は、0.013g-T/dayと評価されている。また、プラズマからブランケット第一壁に入射されたTの冷却水への移行速度は0.69g-T/day、ブランケット増殖部における冷却水への移行速度は、2.3g-T/dayと評価されている。これらの値を用いると、ダイバータおよびブランケットから冷却水へ移行するTは、約3g-T/dayとなる。

先行研究により[3]、熱交換器で使用されるインコネルを介した高温高压水間でのT移行速度が評価されている。300℃、17MPaにおける0.166MBq/ccのT水から軽水へのT透過流束 J_{exp} は、 1.12×10^{-15} mol/(m²・s)であった。下記の反応により発生したTが透過に起因していると考えられる。



現状では、T透過に対するT濃度依存性が不明であることから、T濃度の1次に比例する場合と、T濃度の2次に比例する場合を仮定する。

$$J_1 = k_1 C_{\text{T}_2\text{O}}, \quad J_2 = k_2 C_{\text{T}_2\text{O}}^2$$

ここで、 k_1 、 k_2 は物質移動係数[m/s]、 $C_{\text{T}_2\text{O}}$ は水中のT濃度[mol-T₂O/m³]である。 J_{exp} と $C_{\text{T}_2\text{O}}$ から物質移動係数は以下のように求めた。

$$k_1 = 1.45 \times 10^{-11}, \quad k_2 = 1.88 \times 10^{-7}$$

図1に単純化した冷却システムを示す。一次冷却水量を120m³、二次冷却水量を700m³、伝熱管面積を23500m²と仮定した。

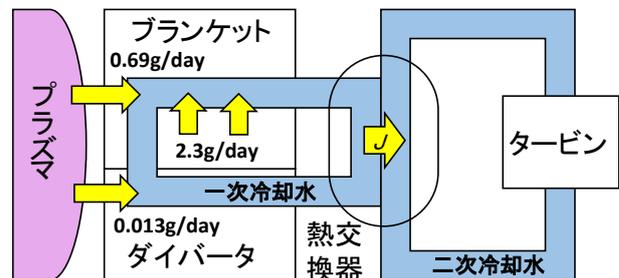


図1 単純化した冷却システム

3. 評価結果

図2に一次冷却水と二次冷却水の濃度上昇の様子を示す。2次反応を仮定した場合は、20日程度で一次側と二次側が同濃度に達した。CANDO炉でのT濃度は約1TBq/kgであるが、約100日の運転で同濃度に達した。1次反応を仮定した場合、100日後の濃度は3.8GBq/kgであった。

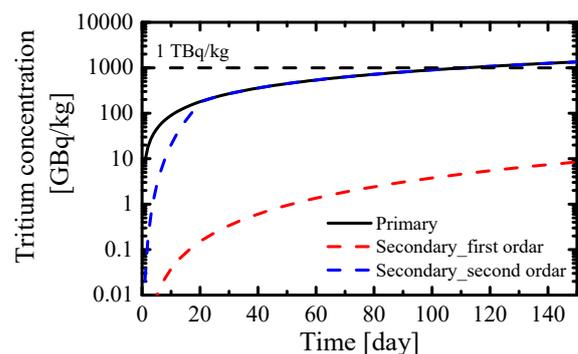


図2 一次及び二次冷却水のT濃度変化

参考文献

- [1] R. Hiwatari et al., Fusion Eng. Des. 143 (2019) 259-266.
- [2] K. Katayama et al., Fusion Eng. Des. 169 (2021) 112576.
- [3] K. Katayama et al., J. Nucl. Mater. 565 (2022) 153723.