

冷却材喪失時の崩壊熱への温度応答とブランケット内部構造の関係 Effect of Blanket Structure on Thermal Response to Decay Heat in LOCA

権暁星、谷川尚、中島基樹、廣瀬貴規、河村繕範
H. Gwon, H. Tanigawa, M. Nakajima, T. Hirose, Y. Kawamura

原子力機構
JAEA

緒言

中性子照射により、プラズマ停止後にもブランケット内には崩壊熱が生じるため、冷却材喪失に伴う温度の過度な上昇が懸念されている。本研究では、ブランケットの構造と受動的な冷却能との関係に注目し、温度上昇の緩和が可能な検討した結果を報告する。増殖材および増倍材のペブル充填体および補強リブの挿入方向を変えた構造について、2次元の核熱連成計算コードであるDOHEAT3を用いた過渡熱解析により、筐体の熱応答特性を評価した。合わせてトリチウム増殖性能も評価した。得られた結果をもとに、崩壊熱の冷却の観点からブランケットの設計に有効な方針を提案する。

解析モデル及び解析手法

第一壁に対して充填体及びリブを垂直および水平方向に配置したモデルを作成した。図1に各モデルの構造と解析条件を示す。両モデルの充填領域と冷却流路の面積は等しく設定した。崩壊熱による筐体の熱応答特性の評価のため、DOHEAT3を用いてプラズマ停止後の過渡熱解析を行った。DOHEAT3は、定常中性子負荷下の核発熱と定常温度に加えて、プラズマ停止後の崩壊熱と過渡熱計算ができる2次元の核熱連成コードである。プラズマ運転時の中性子壁負荷は 3 MW/m^2 とし、冷却水と接触する壁には 300°C の温度条件を与えた。プラズマ停止後には筐体内の冷却水の瞬時完全喪失状態を想定し、全ての冷却流路に断熱条件を与えた。一方、後壁の背面には輻射による熱伝達を考慮し、 $0.2/200^\circ\text{C}$ (放射率/環境温度)を境界条件として適用した。後壁の背面以外は断熱とした。

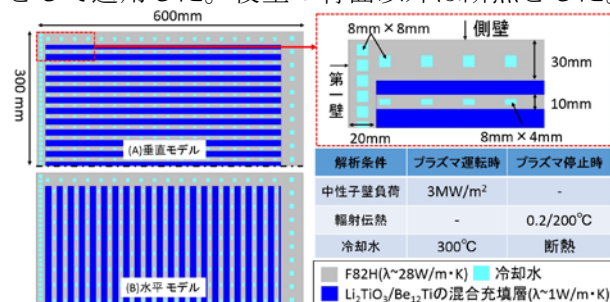


図1 各モデルの構造及び解析条件

結果及び考察

図2に各モデルにおける最高温度の時間変化を示す。水平モデルは冷却材の喪失時から5日後にも温度が上昇しつつある。垂直モデルは1日経過後、筐体の温度が下がり始める傾向が見られ、最高温度は 200°C 以上異なった。両モデルのTBRはほぼ同じである (垂直モデル: 0.933、水平モデル: 0.926)。この結果から筐体内のリブの配置方向を変えることにより温度上昇を緩和できる可能性を見出した。さらにリブ内の流路の向きの影響を評価するために、汎用有限要素解析ツールであるANSYSを用いて3次元の過渡熱解析を行った。図3に3次元の解析モデルを示す。冷却流路の面積 ($4\text{--}64 \text{ mm}^2$)、ピッチ ($15\text{--}80 \text{ mm}$)をパラメータとしてそれぞれのパラメータが崩壊熱応答特性に及ぼす影響を明らかにした。

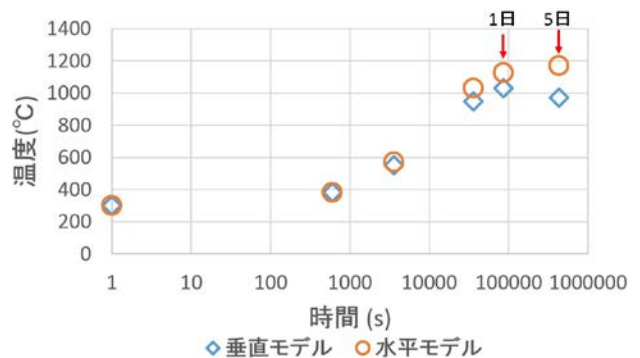


図2 各モデルにおける最高温度の時間変化

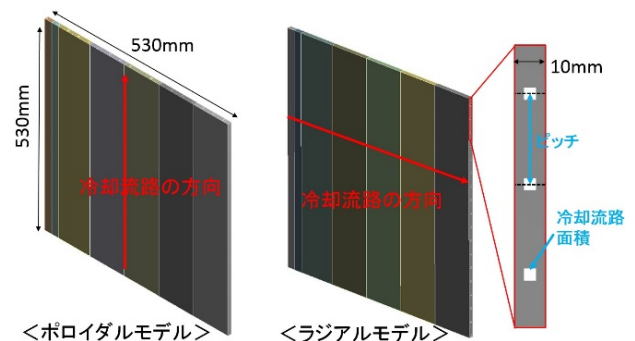


図3 流路の向きが異なる3次元解析モデル