

原型炉の安全確保に向けた安全設計研究の現状 Progress on safety design studies of JA DEMO for ensuring

染谷洋二¹⁾、加藤満也¹⁾、坂本宜照¹⁾、日渡良爾¹⁾、原型炉設計合同特別チーム
Youji Someya¹⁾, Mistuya Kato¹⁾, Yoshiteru Sakamoto¹⁾, Ryoji Hiwatari¹⁾,
and the Joint Special Design Team for Fusion DEMO

量研
QST

原型炉設計合同特別チーム（以下、特別チームとする。）では、2025年頃の2nd中間チェック&レビューに向けて、次のアクションプラン（①：安全解析に基づく原型炉プラントの安全上の特徴の整理、②：トリチウム放出挙動評価の安全確保方針策定）の検討を進めている。前者は、原型炉プラントの安全上の特徴に基づき、安全ガイドラインの策定に資するべく、主にソーシステムの同定（放射化機器を含む）、重要な想定起因事象に対する防止・緩和方策案、並びに主要な安全要件の策定を進めている。後者は、安全上許容される定常・異常時のトリチウム放出量に対して、放出の制御法の妥当性の確認を進めている。本発表では、主要な想定起因事象（Ex-VV LOCA、超伝導コイルの短絡など）の安全解析結果と対応策、定常運転時の環境への放出量評価結果と2025年頃までの概念設計フェーズにおける検討課題について報告する。

原型炉におけるEx-VV LOCA時に放出される高温高压蒸気は耐圧性に優れたボルト建屋内に誘導される。誘導された蒸気はボルト下部の圧力緩衝プールを介してトカマク上部ホールへ移行後にスタックから放出される。本検討では、仮置きされた当該プールの水量（12,320 m³）の最適化を実施した。水温の初期温度を20℃とし、Ex-VV LOCA時に凝縮効果を維持し、水温上限を80℃とした場合の水量は4200 m³まで減らせる事が分かった。次にTFコイルの短絡事象について分析した。TF短絡事象では、コイル一体が短絡する方が影響が大きく通常運転時の2倍程度の359 MN/m³の電磁力がかかる（図1(左)参照）。図1(右)から逸脱事象時での径方向のTFコイルの変位は内側に-2.8 cm、外側に+2.6 cm、周方向に4.4 cmと分かった。これより、TFコイルと真空容器にそれぞれ30 mm以上のクリアランスが必要であると分かった。

次に原型炉における通常運転時でのトリチウム放出の環境影響を分析するため、仮に原型炉から年間1gのトリチウムが環境中へ放出された際の環境中での挙動解析を実施した。なお、原型炉プラントは海沿いの設置を仮定する。解析に際し、放出トリチウムの環境挙動は短期的にはガウスブルームモデルなど大気中の拡散を想定した比較的単純な物理モデルで評価する。さらに、人体への内部被ばく影響を評価するために、内部被ばくを起こしうる吸入と飲食物経路での影響経路に沿って分析可能な解析コードであるNORMTRIコードによる評価した。

解析の結果から放出トリチウムは陸上の環境水中での濃度上昇が検出可能であり、約40年間単調増加が観測され、その範囲は100km程度まで及ぶと分かった。なお、海洋域では、シンク効果により蓄積効果は見られない。さらに、この解析結果に基づき被ばく評価結果から運転開始1年後でのサイト内最大実行線量当量は0.6 μSv/yで、被ばく量の上昇は40年でほぼ上限（単年度の30倍）に達し、以後100年後まで変わらずに10 μSv/y程度で推移する。原型炉の環境影響を把握するためには、長期運転時に蓄積されるトリチウム影響の分析が必要と分かる。

最後に原型炉概念設計フェーズにおける今後の設計課題点について報告する。

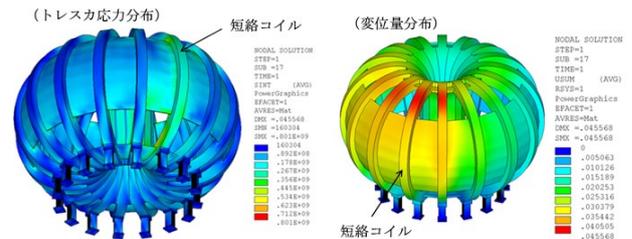


図1 逸脱事象時でのTFコイルにおけるトレスカ応力(左)と変位(右)