

原型炉における先進ブランケット初期概念の検討
Investigation of advanced blanket concepts for Tokamak DEMO reactor

田中 照也¹、横峯 健彦²、江原 真司³、近藤 正聡⁴、片山 一成⁵、笠田 竜太⁶、染谷 洋二⁷、
 日渡 良爾⁷、坂本 宜照⁷、野澤 貴史⁷、原型炉設計合同特別チーム
 TANAKA Teruya¹, YOKOMINE Takehiko², EBARA Shinji³, KONDO Masatoshi⁴, KATAYAMA
 Kazunari⁵, KASADA Ryuta⁶, SOMEYA Yoji⁷, HIWATARI Ryoji⁷, SAKAMOTO Yoshiteru⁷,
 NOZAWA Takashi⁷, the joint special design team for fusion DEMO

¹核融合研, ²京大工, ³東北大工, ⁴東工大, ⁵九大総理工, ⁶東北大金研, ⁷量研
¹NIFS, ²Kyoto Univ., ³Tohoku Univ., ⁴Tokyo Tech, ⁵Kyushu Univ., ⁶Tohoku Univ., ⁷QST

緒言 現在、全日本体制で設計、開発研究が進められているトカマク型原型炉では、固体増殖・水冷却発電ブランケット（固体ブランケット）を設置して、発電の実証を行う計画である。一方、その運転後期においては、大学・核融合研が中心となって開発研究を進めてきている液体金属や熔融塩をトリチウム増殖材として用いる先進”液体ブランケット”の試験モジュールを炉内の一部に装着し、より高温での高効率発電の実証と経済性の見通しを得ることが提案されている。本研究では、トカマク型原型炉に適用可能な先進液体ブランケット概念の初期検討を進めている。

検討状況 液体ブランケットの増殖材の候補としては、液体金属Li, LiPb、熔融塩FLiBe, FLiNaBeが挙げられる。これら液体増殖材を循環させ、冷却材の機能も持たせる方式を自己冷却液体ブランケット呼ぶ。一方、ブランケットからの除熱（熱回収）に高圧He冷却を用いるHe冷却液体ブランケット方式も考えられる。本原型炉への適用については、冷却材圧力が低く、より単純なブランケット構造が期待できる点から大学・核融合研が研究を推進してきた自己冷却液体ブランケットの検討から開始している。

平成29年度の共同研究において、固体ブランケットのトリチウム増殖性能評価に用いられたものと同じ体系データに対して、自己冷却液体ブランケットのトリチウム増殖性能を評価した。いずれの増殖/冷却材候補も1.1以上のトリチウム増殖比が見込めることを確認している。

液体金属、及び、熔融塩増殖/冷却材については、強磁場下における循環において、液体金属についてはMHD圧力損失（電磁ブレーキ効果）、熔融塩については乱流抑制効果や成分の電気分解といった各々に固有の課題が挙げられる。

また、強磁場下における腐食特性の研究も必要となる。これら設計検討、また、実験研究における条件設定や実験結果の原型炉条件への外挿においては、炉内ブランケット設置位置、及び、増殖/冷却材配管経路における磁場強度分布の把握が必須となる。本共同研究では、H29年度に真空容器内磁場強度分布計算、及び、ブランケット設置位置における強度分布の抽出（図1）、H30年度に真空容器外における磁場強度分布計算を実施した。ブランケット位置での磁場強度は、これまでに核融合研が中心に進めてきたヘリカル炉設計における値（最大7.6T）より若干大きい程度であることを確かめている。

現在、トカマク型原型炉における冷却水配管と同様の管径、経路で液体ブランケットを冷却する場合の増殖/冷却材の流速、MHD圧力損失の影響についての概算検討を進めている。また、トリチウム回収の方式や必要設置面積等について、水冷却ブランケットシステムとの比較検討を立ち上げる予定である。

発表では、今後必要となるその他の検討課題についても紹介する。

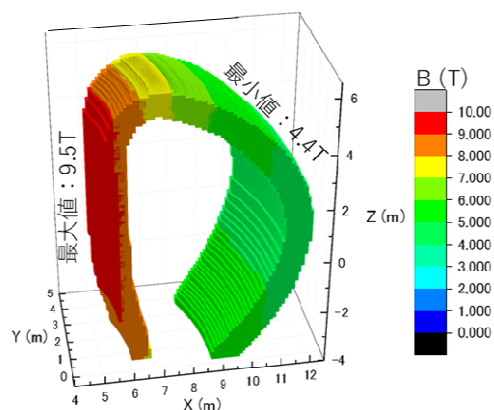


図1. ブランケット設置位置の磁場強度分布

本研究は、「原型炉設計合同特別チーム 平成 30 年度共同研究」の課題として実施している。