

原型炉ブランケット設計における対向壁の課題

日本原子力研究開発機構
染谷洋二、宇藤裕康

現在、核融合原型炉 SlimCS に適用するブランケットの概念設計を行っている。核融合出力 2.95 GW の SlimCS はセンターソレノイドコイルを小型化したアスペクト比が 2.6 で主半径が 5.5 m の原型炉概念である[1]。SlimCS でのブランケットモジュールは約 600 個程度配置され、これらの製作性および検査等を鑑みとなるべくシンプルな構造が求められる。さらに、高い中性子損傷を受ける原型炉においては、溶接個所の強度低下が懸念され、プラズマ近傍での溶接個所がなるべく少ない事が望まれる。この問題を解決するため、中性子増倍材に化学的に安定な Be_{12}Ti pebble を採用し、トリチウム増倍材と混合し、前方での溶接を必要としないブランケット概念の研究を行っている (図 1 参照)。また、冷却水条件は、軽水炉からの経験を導入する為に PWR 条件 (15.5MPa, 290°C~330°C) を選択した。1次元核熱計算コード ANIHEAT 及び核データ FENDL-2.0[2] を用いて解析した結果、 Li_4SiO_4 pebble および Be_{12}Ti pebble との混合ペブルブランケットにおいて、ブランケット厚さが 0.45 m の時に目標の正味トリチウム増殖率 (net TBR ≥ 1.05) を確保できる事がわかった。一方、原型炉ブランケットの対向壁は、スパッタリングによる損耗を抑制する為にタングステン配置する必要がある。図 2 にタングステン対向壁厚さ変化時での Local TBR の減少を示す。タングステン厚さが薄い領域では、ブランケットで散乱した低エネルギー側の中性子が遮蔽される為に急激に local TBR は減少する。図 2 より、目標の TBR を考慮するとタングステン厚さは 0.2 mm 以下にする必要がある。このときのタングステンの総量は 3 ton 程度である。原型炉を 2 年間運転して、停止直後の線量率は 0.1 MSv/h であり、炉停止後 10 年で 1 mSv/h まで減少するが、高い稼働率が求められる原型炉では、なるべく早い交換が必要である。しかしながら、数カ月冷却後でも高い線量率を保っている為にリモートメンテナンス機器の遮蔽が問題となる。講演では、混合ペブルブランケット概念およびタングステンの放射化に伴う問題点を紹介する。

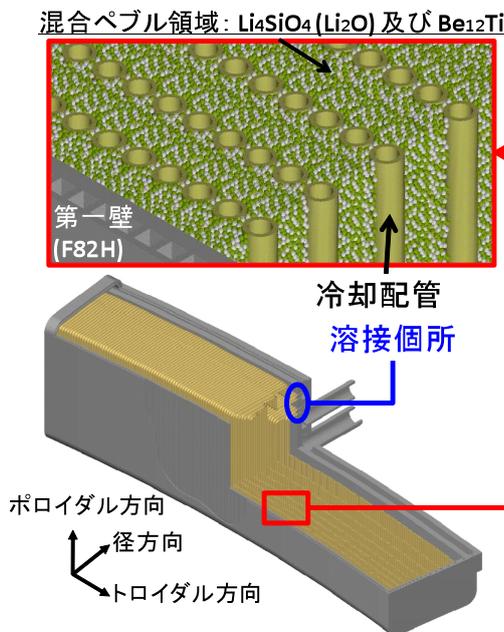


図 1 混合ペブルブランケットの概念図

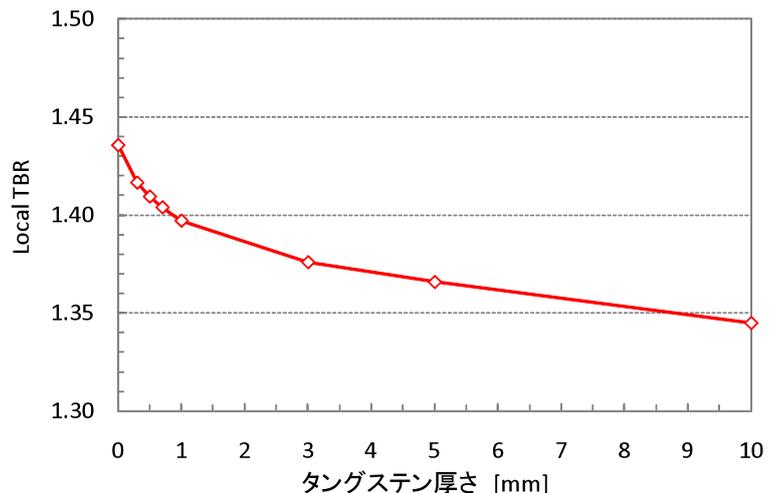


図 2 タングステン対向壁厚さ vs Local TBR

[1] K. Tobita et al., Nucl. Fusion 49 (2009) 075029

[2] A.B. Pashshenko, IAEA Report INDC (NDS)-352, 1996.