

核融合出力1.5GWレベルの原型炉におけるダイバータの物理及び工学概念設計の現状
 Status of Physics and Engineering Conceptual Design of the Divertor for 1.5 GW
 -level Fusion Power Demo Reactor

朝倉伸幸¹, 星野一生¹, 宇藤裕康¹, 染谷洋二¹, 徳永晋介¹, 清水勝宏¹, 鈴木哲¹, 飛田健次¹,
 大野哲靖², 上田良夫³, 木村晃彦⁴, 日渡良爾¹
 ASAKURA N.¹, HOSHINO K.¹, UTOH H.¹, SOMEYA Y.¹, TOKUNAGA S.¹, et al.

¹原子力機構, ²名大, ³阪大, ⁴京大
¹JAEA, ²Nagoya Univ., ³Osaka Univ., ⁴Kyoto Univ.,

核融合出力を1.5GW程度に低減した原型炉におけるダイバータ概念設計として、シミュレーションによるダイバータ形状の検討、およびそのプラズマ熱負荷分布および核発熱を想定したダイバータ板の熱除去設計、およびカセット内での冷却配管の設計概念を検討している。ダイバータシミュレーションコードSONICを用いコアプラズマから250MWが排出され、アルゴン不純物ガスの入射によりエッジ・SOL・ダイバータ領域で合計80%の放射損失を行った場合におけるダイバータ板での熱負荷分布を図1に示す。プラズマ、放射パワー、中性粒子束を加えた最大熱負荷は、内・外側ダイバータでそれぞれ 2MWm^{-2} 、 7MWm^{-2} となる。

ストライク点付近では中性子照射が低くなるため、熱伝導の良い銅合金配管による加圧水冷却(200°C, 5MPa)を行う一方、中性子負荷が大きく熱負荷の比較的小さなバップル及びドーム部分は低放射化フェライト鋼配管を用いた加圧水冷却(290°C, 15MPa)を行う2系統の水冷却系を配置することで熱除去を行う設計を検討している。図2(a)にカセット(トロイダル方向7.5度に相当)へダイバータ板および冷却配管を組み込んだ概念図を示す。モノブロックの大きさはITERと同程度とし、内外それぞれ34/47列を配している。上の計算例よりも高い最大(内側)4.5, (外側)10MWm⁻²の熱負荷分布および核発熱分布を想定した熱除去設計における、2つの冷却水系における流速と温度上昇の評価値を図2に示す。銅合金配管系では、最大流速は13.7m/s(内側ターゲット)で温度は最終的に231°Cに達するが、限界熱流束に相当する250°Cよりも低い。フェライト配管系では限界熱流束に相当する325°Cに達するが、最大流速は5.4m/sであり増加可能である。ダイバータ板全体でプラズマと核発熱の合計460MWの熱除去を行うことが可能である。また、タングステン・モノブロック構造における熱輸送と温度分布の評価結果より、10MW/m²の熱負荷に対応可能と考えられる。

本年度は、ダイバータ形状の修正とシミュレーションによる検討を進めるとともに、対応する冷却設計、ダイバータ構造およびその交換手法について検討を進める予定である。

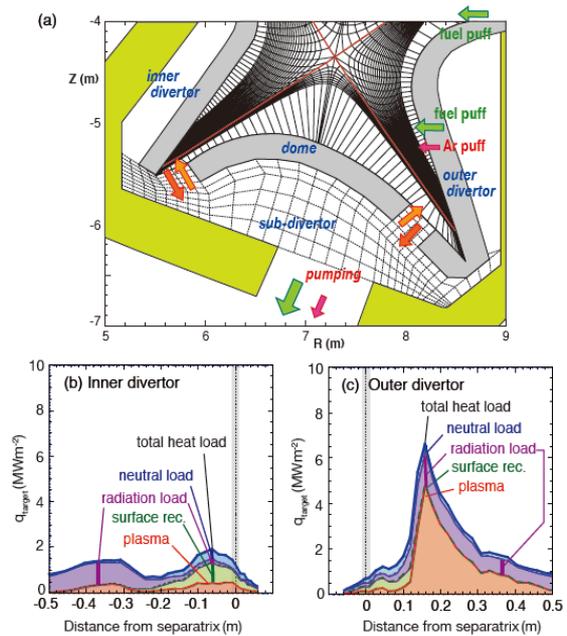


図1 (a)現在のダイバータ形状とSONICシミュレーションのメッシュ。外側のみにV型コーナーを設置。ダイバータ下部から排気する。(b)内側ダイバータ板。(c)外側ダイバータ板における熱負荷分布。

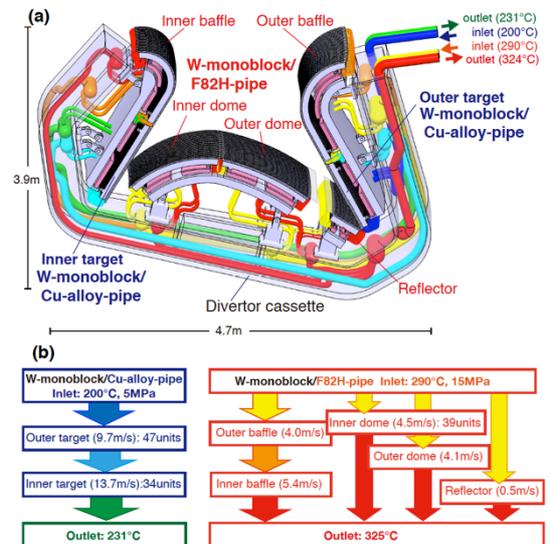


図2 (a) Wモノブロックユニットと2系統の冷却配管の設置例。(b) Cu-alloy および F82H 冷却配管中の加圧冷却水の流速とユニット数、および温度上昇。