

LHDヘリカルダイバータにおける赤外線サーモグラフィーを用いた ダイバータ熱流束計測

Divertor heat flux measurements by infrared thermography in the LHD helical divertor

林 祐貴¹⁾, 小林 政弘^{1,2)}, 向井 清史^{1,2)}, 増崎 貴¹⁾, 村瀬 尊則¹⁾, LHD実験グループ¹⁾
Y. Hayashi¹⁾, M. Kobayashi^{1,2)}, K. Mukai^{1,2)}, S. Masuzaki¹⁾, T. Murase¹⁾, LHD Experiment Group¹⁾

¹⁾核融合研, ²⁾総研大
¹⁾NIFS, ²⁾SOKENDAI

熱核融合炉実現に向けた工学設計においてダイバータへ入射するプラズマ熱流束の定量評価は必須の課題である。ITERや原型炉のダイバータ板健全性維持のため、既存の核融合装置における熱流束の予測性能を高める必要がある。本研究では、ヘリカルダイバータ構造を有する大型ヘリカル装置(LHD)においてダイバータ板表面のサーモグラフィーを実施する。測定した温度は有限要素解析により熱伝導方程式を解くことで熱流束へと変換する。以上の手法により、熱流束の絶対値とその分布形状の決定機構を解明することを目的としている。

図1にLHDのダイバータ板と冷却機構を示す。等方性黒鉛のダイバータ板がプラズマに晒され、タイルの裏面は銅のヒートシンクによって冷却されている。有限要素解析ではこれらの3次元構造、及び等方性黒鉛とヒートシンクとの接触による熱伝達係数などを考慮した [1]。

図2にプラズマへの加熱パワー P_{heat} から放射パワー P_{rad} を差し引いた値に対するダイバータ熱流束のピーク値を示す。プラズマ蓄積エネルギーの変化が小さい時間帯を切り出しているため、 $P_{\text{heat}}-P_{\text{rad}}$ は全ダイバータ板への熱負荷の指標と考えられる。 $P_{\text{heat}}-P_{\text{rad}}$ が上昇するにつれ、ピーク熱流束も増加した。しかし、その傾向は単調でなく、 $P_{\text{heat}}-P_{\text{rad}} \sim 6$ MWで一度低下を示した。

図3にダイバータ板上における磁力線接続長 L_c と $P_{\text{heat}}-P_{\text{rad}}$ が異なる条件での熱流束分布を示す。ここで、ダイバータレッグを横切る分布を示している。図3(b)において $P_{\text{heat}}-P_{\text{rad}} \sim 5.5$ と11.6 MWでは、ピーク熱流束は1.7-1.8 MWm^{-2} と概ね等しいが、最大熱流束の流入位置が異なる。 $P_{\text{heat}}-P_{\text{rad}} \sim 5.5$ MWにおけるピークは $P_{\text{heat}}-P_{\text{rad}} \sim 11.6$ MWでは低下し、別の位置に幅の狭い熱流束ピークが2つ現れた。図2で $P_{\text{heat}}-P_{\text{rad}} \sim 6$ MWにおけるピーク熱流束の低下はこのような分布の変化と対応している。図3(a)からピーク熱流

束の位置は長い L_c の場所と強く関係していることもわかる。これらの結果は P_{heat} や P_{rad} に加えて、加熱手法やプラズマの密度等のパラメータにも依存していると考えられる。

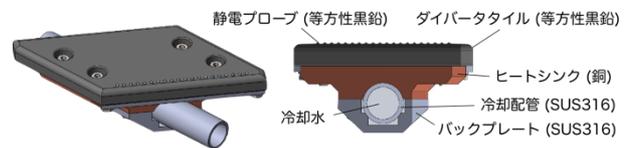


図1 LHDのダイバータ板と冷却機構。

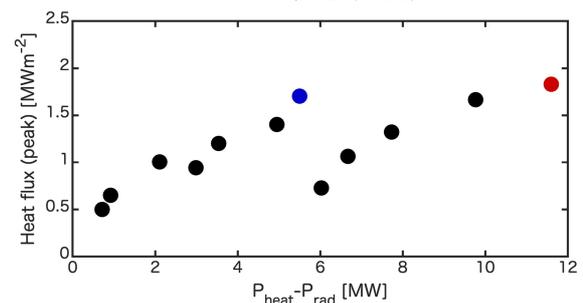


図2 全ダイバータ熱負荷 $P_{\text{heat}}-P_{\text{rad}}$ に対する観測対象ダイバータのピーク熱負荷。

磁気軸: 3.6m、磁場強度: 2.75T、向き: CCW.

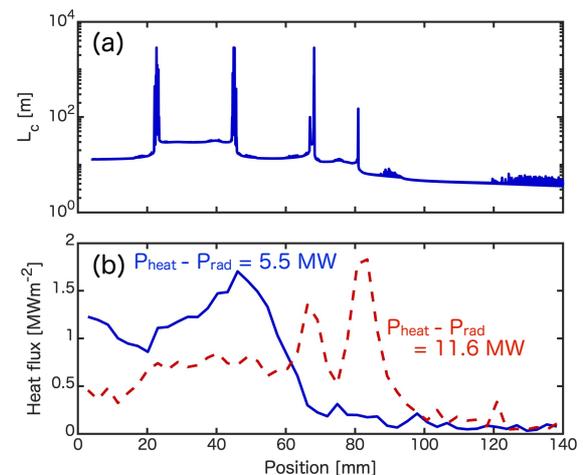


図3 ダイバータ板上でダイバータレッグを横切るように切り出した(a)接続長分布と(b)熱流束分布。(b)の条件は図2のカラープロットと対応する。

[1] Y. Hayashi, *et al.*, submitted to Fusion Eng. Des.