22Ap06

LHDタングステンダイバータにおける赤外線サーモグラフィを用いた熱流束計測

Heat flux measurement by infrared thermography on tungsten divertor in LHD

林祐貴[1, 2], 浜地志憲[1, 2], 時谷政行[1, 2], 増崎貴[1, 2], 小林政弘[1, 2], 向井清史[1, 2], 村瀬尊則[1]
Y. Hayashi[1, 2], Y. Hamaji[1, 2], M. Tokitani[1, 2], S. Masuzaki[1, 2], M. Kobayashi[1, 2], et al.

[1]核融合研, [2]総研大
[1]NIFS, [2]SOKENDAI

ITER で計画されているダイバータ赤外線サーモグラフィは、ダイバータ表面の温度分布を計測し、熱流束を見積もるための主要なシステムである[1]。正確な温度計測には、温度や表面粗さによって変化するタングステン(W)の輻射率を考慮することが必須である。本研究では、核融合炉の W ダイバータに対して、輻射率の温度依存性を反映したサーモグラフィを用いて、プラズマによる熱流束を求める。結果を他の計測手法と比較することでその妥当性や正確な熱負荷評価を行う上での課題を明らかにする。

実験は大型ヘリカル装置(LHD)を用いて実施した。図1(a)に本実験で用いたWダイバータを示す。アーマー材であるWブロックとアルミナ分散強化銅GlidCop®のヒートシンクが先進的ろう付法により接合されている[2]。Wダイバータの側面は炭素材で覆われており、炭素部分には静電プローブアレイが取り付けられている。図1(b)にタングステン表面における磁力線の接続長(L_c)分布を示す。L_cが長いダイバータ中心部にプラズマが流れ込むことが予想される。

LHD実験前にWブロックの輻射率測定を実施した。真空中でWブロックを加熱し、その温度を熱電対および赤外線カメラで測定した。同様に赤外線カメラを用いて黒体炉を測定することで、Wブロックの測定結果と合わせて輻射率を求めることができる。図2に測定した輻射率を示す。赤外線カメラが比較的長波長帯(7.5-14 μm)に感度を持つため、輻射率としては0.1以下と低い値が得られた。

LHDにおいてWダイバータをプラズマに晒した。測定した輻射率を用いて赤外線カメラから表面温度を求めた。表面温度は有限要素解析ソフトウェアANSYS®を用いて、3次元熱伝導方程式を解くことで熱流束に再構築した。図3にWダイバータへの熱流束を示す。同様の手法で炭素部分の熱流束を求めた。さらに静電プローブからも熱流束を評価した。炭素部分および静電プローブではピークから外れると熱負荷がほとんどないことがわかるが、W部では~ 1-2 MWm^{-2}の熱負荷を示している。これは真空容器内での熱輻射の反射の寄与を示唆している。

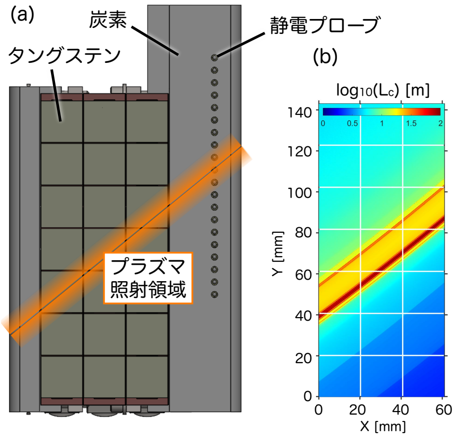

図1. (a)Wダイバータと(b)2次元L_c分布.

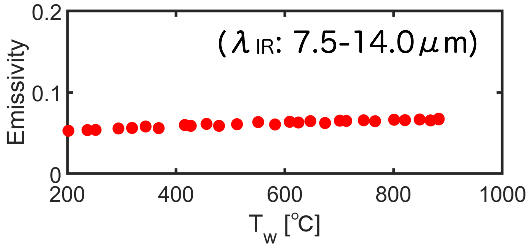

図2. Wダイバータの輻射率.

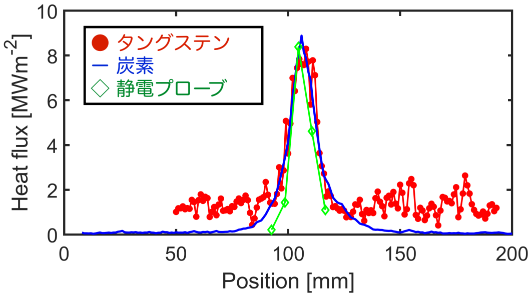

図3. 熱負荷の1次元分布.

[1] M. Takeuchi , *et al.*, *Plasma Fusion Res.* **8** (2013) 2402147.
[2] M. Tokitani, *et al.*, Nucl. Fusion **57** (2017) 076009.