

## 原型炉タングステンダイバータへのパルス熱負荷による溶融挙動 と蒸気遮蔽効果を含めた寿命評価

Estimation of erosion at metallic walls under transient loads

伊庭野健造  
Kenzo Ibano

大阪大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Osaka University

原型炉運転においてプラズマに非定常事象が発生すると、ダイバータ壁などに対しパルス負荷が加わる。このような非定常熱負荷により壁面の溶融また蒸発による炉壁損耗が懸念されている。これら過渡負荷事象リスクを含めた寿命予測が原型炉設計においては必須の知見となっている。しかし、過渡事象時に発生する溶融挙動の予測や、顕著な蒸気発生時に生じる蒸気遮蔽効果、それら事象への過渡パルスのパラメータ、および磁場や電場などの周辺環境の影響など不明な点が多い。

本発表では特に重要と予想されているパルス熱負荷におけるパルス強度、パルス形状の依存性、また磁場強度について、模擬シミュレーション実験結果を紹介する。模擬シミュレーション実験はNd:YAGレーザーを用いて実施し、レーザー照射時の同時計測および、照射痕をレーザー顕微鏡で撮影することにより溶融挙動を解析した。さらに照射痕の稼働について残差学習(ResNet)を組み合わせた152層の畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いることで、照射痕からピーク強度、波形、エネルギー密度を逆推定する手法も構築した。

また、蒸気遮蔽については、PICシミュレーションを用いた炉壁近傍のシミュレーションにより、蒸気遮蔽効率を計算する手法[2]を確立した。ITER運転においてVDEが生じた際のBe壁の損耗について、異なるプラズマ電流運転シナリオについて評価した。さらに、パルス強度およびパルス形状の依存性についてもシミュレーションを実施した。パルス形状については、過渡熱負荷の到達時にピークを持ち徐々に減衰するような三角波のパルス負荷があった際に、初期に発生する顕著な蒸気が後の熱負荷を低減する効果を発見し、最も高い蒸気遮蔽効率を得ている[3]。

本研究により、非定常時における金属壁の損耗予測に必須なデータおよびシミュレーション手法を確立した。今後は定常時におけるスパッタリングなどの損耗を考慮し、総合的な壁損耗評価モデルの構築が必要となる。核融合炉システムの中で機器の交換頻度を定める重要な要素となる知見であり、早急にモデルを確立し、また実機に近い実験装置などでモデルの検証が重要になると考える。

[1] D. Motoi et al., *Fusion Engineering and Design* 165(2021) 112209

[2] K. Ibano et al., *Nuclear Fusion* 59(2019)076001(13pp)

[3] K. Ibano et al., *Plasma and Fusion Research* 16(2021) 1405092