

電磁力流動液体金属による周辺プラズマ粒子制御の研究 Particle recycling from a liquid metal convected by the Lorentz force under steady state plasma bombardment

廣岡慶彦^{1,2)}、毕 海林²⁾
Yoshi HIROOKA^{1,2)} and Hailin BI²⁾

¹⁾核融合研、²⁾総研大
¹⁾NIFS、²⁾SOKENDAI

背景・目的

磁気閉じ込め核融合炉に於けるダイバーター等のプラズマ対向機器（以降PFC）による熱・粒子制御機能の確立は、発電実証炉（以降DEMO炉）開発の成否を決定する重要課題である。従来、ITERのダイバーター熱負荷は、SOL厚みを約5mmとして10~20MW/m²と推定されて来たが、最近のスケーリング則[1]からその厚みが1mm程度であると予想される事が分かった。したがって、実際のダイバーター熱負荷は、50~100MW/m²となる。これは、現行のタングステン表面材を銅合金熱シンクに貼り合わせた構造のPFCでは、除去できない熱流束である。その上、タングstenは他金属に比べて突出して延性脆性転移温度が高く、プラズマの立ち上げ・停止に伴う繰り返し熱サイクルによる機械的疲労クラッキングが起こると予想される。

このような固体PFC構造の欠点を克服するため世界の閉じ込め装置で液体金属をPFC表面材料に用いる試みが始まっている。なかんずく、米国プリンストン研のNSTXでは、2011年に実際に熔融リチウムをダイバーター表面材料として閉じ込め実験キャンペーンを行ったが、固体リチウム被膜と同様に重水素が飽和してリサイクリング制御は期待されたよう長時間低減することが出来なかった。これは、プラズマ照射で表面温度が上昇し液体金属に自然対流が起こらなかったためであると考えられる。

そこで、本研究ではプラズマ照射下で液体金属を強制対流させた場合の粒子リサイクリング挙動に関する知見を得ることを目的とする。

方法

本研究では、実験室系定常プラズマ-壁相互作用実験装置：VEHICLE-1[2]を用いて粒子リサイクリング挙動を分光測定により観測し、その結果をCOMSOL科学計算ソフトにより解析した。

なお、VEHICLE-1装置の典型的なプラズマ密度は、10¹⁰1/cm³台、電子温度は、5eV程度、プラズマ照射粒子束は、10¹⁶1/cm²/s台である。液体金属試料としては、化学的に安定な共晶合金ガリンスタン(Ga₆₇In_{20.5}Sn_{12.5})を用いた。

強制対流の方法としては、図-1に示したように直径約5cmのステンレス製容器と中心電極間に直流電流を流しVEHICLE-1装置の主軸磁場との間に発生するローレンツ力を用いてガリンスタンを強制流動させた[3]。



図-1 ローレンツ力液体動実験セットアップ[4]。

結果

軽・重水素のみならず、ヘリウム・アルゴンプラズマ照射下でも強制流動時のガリンスタンからの粒子リサイクリングが減少することが分かった。一例として、重水素・ヘリウム混合プラズマ照射下での粒子リサイクリング挙動の測定結果を図-2に示す。講演では、これらの結果を詳しく解析して報告する予定である。

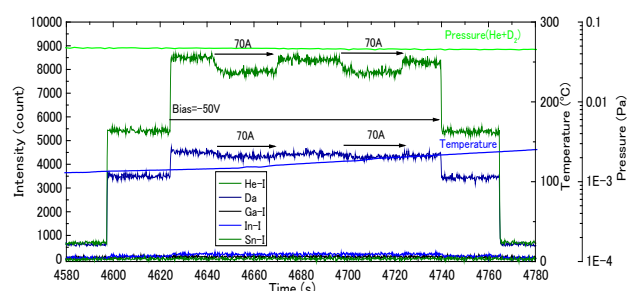


図-2 D+He混合プラズマ照射下の粒子リサイクリングへの液体金属強制流動の影響。

参考文献

- [1] A. Loarte et al. Presented at PSI-2014, Kanazawa.
- [2] Y. Hirooka et al., J. Nucl. Mater. **337-339**(2005)585.
- [3] Michiya Shimada and Yoshi Hirooka, Nucl. Fusion **54** (2014)122002.
- [4] Y. Hirooka et al. Fusion Eng. Des. (2016) in press.