

プラズマ対向表面としてのJxB力-強制対流液体金属による周辺粒子制御 Edge particle control by a liquid metal convected by JxB force

廣岡慶彦^{1,2)}、毕 海林²⁾、嶋田道也³⁾
Yoshi Hirooka^{1,2)}, Hailin Bi²⁾, Michiya Shimada³⁾

¹⁾核融合研、²⁾総研大、³⁾原子力機構
¹⁾NIFS、²⁾Sokendai、³⁾JAEA

背景

磁気閉じ込め装置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・粒子制御は、発電実証炉(以降 DEMO 炉)開発の成否を決定する。現行 ITER ダイバーター設計では、10~20MW/m²の定常的除熱を目指して薄板タングステンに対向材料(以降 PFM)と銅合金をヒートシンク(以降 HS)とする接合体PFC概念が採用されているが、最近、SOL 幅に関してのスケーリング則が改められ[1]、ITER でもダイバーターに要求される徐熱能力が 50~100MW/m²へと高まる可能性がある。

ところが、DEMO 炉設計研究では、誘導放射能安全性および熱機械的特性の観点からダイバーターの HS 材として銅合金に代わって低放射化フェライト系合金が採用されるが、熱伝導度が銅合金の約3分の1であるため除熱能力も最大でも5~8 MW/m²となり、到底 DEMO 炉の要求に達することはできない。

また、タングステンは、延性脆性遷移温度(以降、DBTT)が400℃と非常に高いのでプラズマ立ち上げ・下げ等の運転に伴い材料温度がDBTTを繰り返して通過するとクラッキングが起こると考えられる。

一方、TFTR スーパーショット[4]の知見から壁リサイクリングが低減されることでコアプラズマ性能が向上することは周知の事実であるが、粒子反射率が高いタングステンがダイバーターと第一壁に用いられた場合、周辺密度を低減することは困難であろう。

これら熱・粒子制御に関するタングステンPFCの理工学的問題を解決するため、近年、熔融リチウムがPFMとして提唱され、実験室系装置および閉じ込め装置を用いて研究が行われている。他方、熔融リチウムはIFMIF中性子源としても研究されており、既に流速1m/sで100MW/m²の除熱能力が検証されている[7]。ただし、熔融リチウムは、化学的に活性で接触する材料との共存性が懸念される。また、リチウムに限らず、常温で固体のPFMを液体流動システムに初期装荷することは困難である。したがって、PFMとしては、化学的に安定、取扱い安全で、しかも、常温で液体状態の物質が望ましいと考えられる。

方法

このような観点から、本研究では、化学的に安定で、常温で液体の共晶合金: GaInSnに着目して、プラズマ-壁相互作用(以降 PWI)、特に、粒子リサイクリング特性について実験的検討を行った。この実験では、定常PWI-実験装置: VEHICLE-1[2]を用い、図-1に示したようにGaInSnがJxB電磁力によって強制流動される[3]セットアップを用いて水素・ヘリウムプラズマ照射を行った。

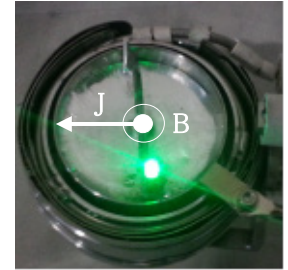


図-1 ACLMD予備実験セットアップ(LEDは、回転マーカ)[4]。

結果

水素プラズマ照射下の粒子リサイクリング挙動(H_α 強度)の観測結果を図-2に示す。JxB力による液体流動が起こった時、水素リサイクリングが約15%減少することが分かった。また、同様の結果がヘリウム粒子リサイクリングに関してもえら得ている[4]。講演では、これらの実験データを詳しく解析して報告する予定である。

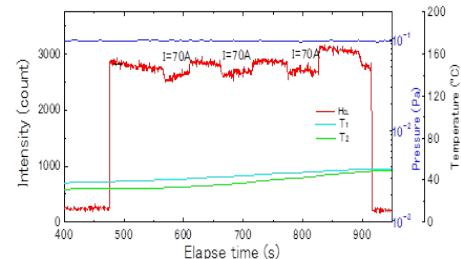


図-2 GaInSn-ACLMD予備実験 [4]。

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. Presented at ISLA-2015, Granada.