

高熱流パルスプラズマと材料相互作用における蒸気遮蔽効果

菊池祐介

兵庫県立大学

<http://www.eng.u-hyogo.ac.jp/faculty/ykikuchi/index.html>

トカマク型磁場閉じ込め核融合炉のプラズマ対向壁（ダイバータ，第一壁）はディスラプション等の過度のパルス熱負荷を受けると，材料表面が溶融，蒸発，粒子放出することで異常損耗する可能性がある。核融合炉実現のためには，これらの損耗過程を正しく理解し，プラズマ対向材料の寿命を十分なものとする必要がある。特に壁由来の蒸気がプラズマを冷却する蒸気遮蔽（Vapor Shielding）効果は壁への正味の熱負荷を10分の1に低減するという報告があり，壁損耗量へのインパクトが非常に大きい[1]。しかし，蒸気遮蔽効果の評価には，固相－液相－蒸気相－プラズマ相が近接して存在する重相構造プラズマの理解が重要であるが，現象は非常に複雑であり，未解明な課題も残されている。

現在のトカマク実験装置でITERや原型炉のディスラプション，ELM熱負荷を模擬することは困難である。そこで，パルス熱負荷模擬実験装置として，プラズマガン装置が用いられている。兵庫県立大学の磁化プラズマガン装置では，パルス幅0.2 ms，熱負荷 $\sim 1 \text{ MJ/m}^2$ をタングステン等の試料へ照射する実験を行ってきた[2-5]。照射試料として，厚さ50 μm のW薄板に大阪大学のマグネトロンスパッタリング装置を用いて厚さ3 μm のAl膜を蒸着したものをを用いた。光ファイバーアレイと2台のモノクロメータを用いて，多視線・2波長同時計測可能な分光計測システムを構築し，Heパルスプラズマの発光（He I，He II）とAl原子発光（Al I）を計測した。さらに，高速2色パイロメータを用いてW背面温度を計測することで，重相構造プラズマを介して材料へ到達する熱負荷を評価した。その結果，プラズマ照射時のAl蒸気層の形成を観測した。また，無垢のW試料と比較してAl蒸着膜付きW試料の裏面温度は低下し，蒸発潜熱による冷却以上の裏面温度低下が見られた。これらの実験結果を大阪大学の伊庭野博士が開発しているPICシミュレーションコードと比較し，蒸気遮蔽効果のモデリング研究を行っている[6]。講演では，これらの結果を中心に報告する。

- [1] 菊池祐介，プラズマ・核融合学会誌，Vol. 93, No. 8, p. 353 (2017).
- [2] Y. Kikuchi et al., Journal of Nuclear Materials, Vol. 415, pp. S55-S58 (2011).
- [3] Y. Kikuchi et al., Journal of Nuclear Materials, Vol. 438, pp. S715-S718 (2013).
- [4] Y. Kikuchi et al., Journal of Nuclear Materials, Vol. 463, pp. 206-209 (2015).
- [5] Y. Kikuchi et al., Physica Scripta, Vol. T167, 014065 (7pp) (2016).
- [6] K. Ibano, Y. Kikuchi et al., Contributions to Plasma Physics, Vol. 58, pp. 594-601 (2018).

[講演者略歴] 菊池祐介

2004 年 3 月名古屋大学大学院工学研究科エネルギー理工学専攻博士後期課程修了，博士（工学）（名古屋大学）。2004 年 4 月日本学術振興会海外特別研究員，2006 年 4 月兵庫県立大学院工学研究科助手，2010 年同准教授，現在に至る。