

LHDにおけるボロンを使った水素リサイクリング抑制実験

Reduction of hydrogen recycling using boron powder in LHD

* 芦川直子^{1,2}, 川手朋子^{1,2,3}, 豊田浩孝^{4,1}, SUN Zhen^{5,6}

¹核融合研, ²総研大, ³国立天文台, ⁴名大, ⁵PPPL, ⁶ASIPP

核融合装置で水素リサイクリングを能動的に制御する方法として不純物粒子ドロPPER (IPD) によるボロン粒子供給がある。大型ヘリカル装置 (LHD) では IPD 装置によるボロン粒子供給に伴う水素バルマー線強度の減少が観測されており、その初期結果について報告する。

キーワード: ボロン粒子, リサイクリング制御, LHD

1. 緒言: 核融合炉での実時間制御ツールの検討は急務である。不純物粒子ドロPPER (IPD) はプラズマ放電中に任意の量、時刻で粒子供給ができる装置であり、世界の複数の核融合装置で使用されている。大型ヘリカル装置 (LHD) では、2019年よりマックスプランク・プラズマ物理研究所との共同研究に基づき IPD 装置の設置および実験を開始した[1]。現在、ボロンおよび窒化ボロンの粒子を使用することができ、主に実時間壁調整、水素リサイクリング制御、不純物挙動実験に対して使用している。

本研究では特に水素リサイクリングの実時間制御に着目し、IPD を使ったボロン粒子とプラズマとの相互作用について解析を進めている。ボロンによる中性水素の捕捉メカニズムとして、壁調整運転であるボロニゼーションにより壁へ被覆されるボロンが成膜プロセス中に水素と結合して捕捉されることが知られている[2]。分光計測によるボロン粒子落下後の $H\alpha$ (水素プラズマ) もしくは $D\alpha$ (重水素プラズマ) 輝線強度の時間変化の結果では、ボロンがプラズマと接触すると同時に $H\alpha$ もしくは $D\alpha$ 強度が減少する。このような時間応答は、少なくとも LHD と EAST (中国科学院等離子体物理研究所) で観測されている。磁場閉じ込めプラズマで共通の物理現象として議論が可能なボロンによる実時間水素リサイクリング制御について、LHD 実験でこれまでに得られた結果を示す。

2. 実験結果: 水素プラズマ放電へボロン粒子を落下した後、1価ボロン(BII)および $H\alpha$ の時間変化について分光法で観測した結果を図1に示す。IPD 装置からボロン粒子を落下すると約1秒間の重力落下に伴う経過時間の後、プラズマとの相互作用を生じる事が可視カメラ観測から分かっている。図1では20秒に粒子を落下開始した約1秒後、BII の増加と共に $H\alpha$ の減少が観測された。つまりボロン粒子とプラズマとの相互作用が生じた段階で水素リサイクリング減少が始まることが明らかとなった。

また、 $H\alpha$ は粒子供給の停止と共に信号が再上昇したが、BII は粒子供給停止後も増加が見られた。今後、放射損失、電子密度等の変化などを詳細解析すると共に、より直接的な相互作用として重水素プラズマにおける B-D 観測の評価も進めている。

3. 結論: LHD 水素プラズマへのボロン粒子落下実験において、ボロン粒子に起因する $H\alpha$ 強度の減少が顕著に観測された。 $H\alpha$ 強度が減少するタイミングはボロン粒子がプラズマと相互作用を生じる時刻とほぼ同時で、ボロン粒子による水素リサイクリング減少が明らかとなり、さらに実時間相互作用であることが示唆された。本研究は JSPS-CAS 二国間交流事業に基づき実施された。

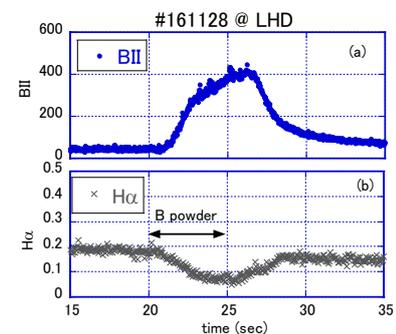


図1. 水素プラズマへのボロン粒子落下開始 (20 秒) 後の1価ボロン (BII) および $H\alpha$ の時間変化

参考文献

- [1] F. Nespoli, N. Ashikawa et al., Nuclear Materials and Energy (in press), <https://doi.org/10.1016/j.nme.2020.100842>.
 [2] N. Ashikawa et al., ITC-29 (2020), submitted to Plasma and Fusion Research.

*Naoko Ashikawa^{1,2}, Tomoko Kawate^{1,2,3}, Hiroataka Toyoda^{4,1}, and Zhen Sun^{5,6}

¹NIFS, ²The Graduate University for Advanced Studies, ³NAOJ, ⁴Nagoya Univ., ⁵PPPL, ⁶ASIPP