

非接触ダイバータプラズマ物理研究の進展

大野哲靖¹, 林祐貴¹, 田中宏彦¹, 梶田信², 大嶋啓嗣¹,

関真倫¹, 澤田圭司³, 荒巻光利⁴, 吉川正志⁵

¹名古屋大学大学院工学研究科, ²名古屋大学未来材料・システム研究所

³信州大学工学部, ⁴日本大学生産工学部, ⁵筑波大学プラズマ研究センター

定常熱核融合炉実現に向けた重要な課題の一つに、炉心プラズマよりスクレイブ・オフ (SOL) 層・ダイバータ領域に流出する膨大な熱・粒子流の制御がある。炉心プラズマから流出したプラズマは SOL 層の磁力線が鎖交するダイバータ板まで輸送される。このダイバータ板への熱負荷は、原型炉では数 100MW/m²以上と想定されており、工学的許容熱負荷である 10MW/m² に比べて非常に大きい。

現在原型炉開発に向けたアクションプランがまとめられている。この中でも、ダイバータ開発の困難さが認識され、核融合フォーラム ITER・BA 技術委員会の下に、ダイバータ研究開発加速戦略方策検討評価 WG (座長 上田先生 (阪大)) が設置され、ダイバータ研究開発の加速方策に関する議論が行われている。ダイバータの熱・粒子制御の方針としては、放射冷却、非接触プラズマ、周辺磁場配位制御、などの手法について検討を行い、実機での実験研究とシミュレーション研究が密接に連携して、現象の解明と原型炉における信頼性の高いダイバータ設計を行う必要があるとされている。

図1のように、ダイバータ板へのプラズマ熱流束を低下させるために、SOL 領域への不純物ガス入射によって放射損失増大によって、プラズマ温度を減少させる。しかし、原型炉のような高イオン粒子束プラズマでは、表面再結合による熱流束への寄与が大きく、プラズマ温度低下のみでは十分に熱負荷を低下させることができない。よって、プラズマを電子・イオン再結合により消滅させ、イオン粒子束そのものを減少させる必要がある。このときダイバータ板前面に形成されるプラズマが非接触プラズマである。この非接触プラズマ発生物理機構の理解と制御が現在求められている。

非接触プラズマの研究は、大型装置と相補的に直線型装置(ダイバータプラズマシミュレータ:DPS)を用いて実施されてきた。DPS は定常プラズマが生成可能であり、計測器の設置が容易で、プラズマの制御性と再現性が高いという特徴を有している。図2は、DPS を用いた非接触プラズマ研究の戦略を示している。DPS により、非接触プラズマに関する原子・分子過程、輻射・中性粒子輸送などに関する基礎データを取得し、ダイバータシミュレーションコードの予測性能の向上に貢献する。開発されたコードを JT-60SA などの実機に適用することによりコードの信頼性を向上し、原型炉ダイバータ設計に資する

本講演では、非接触プラズマの基礎課程について説明するとともに、DPS を用いた非接触プラズマに関する最近の研究成果について紹介する。

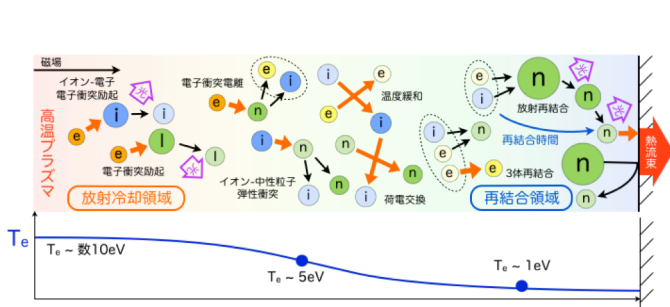


図1 放射・非接触ダイバータプラズマの模式図

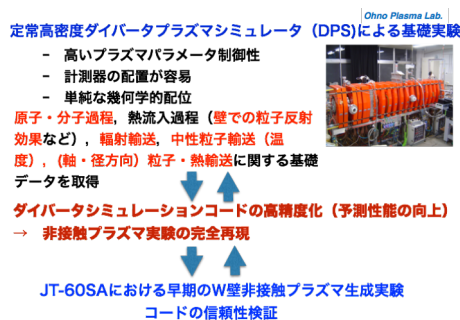


図2 原型炉設計のための非接触プラズマ研究の戦略