

核融合炉実現に向けた プラズマ・材料相互作用の研究

上田良夫（大阪大学）

核融合炉実現のための最も重要な課題の一つが、プラズマ壁相互作用の制御であることは多くの研究者が認識している。それではプラズマ壁相互作用を制御するとはどのようなことであろうか。まず達成しなくてはならない課題は、プラズマ対向機器への熱負荷を、プラズマ対向機器が許容できる値以下に制御することである。この場合の熱負荷は定常熱負荷とパルス熱負荷（ELM やディスラプション）を含む。エッジプラズマへの冷却ガスの注入による放射冷却、非接触プラズマの安定的な制御、が定常熱負荷制御に重要であり、これに加えて ELM のパルスエネルギー制御、ディスラプション時のダイバータや第一壁への熱集中の緩和、を実現しなければならない。一方、プラズマ対向機器側では、機器がどの程度の熱・粒子負荷に耐えるのかの評価、及び可能な限り高い熱負荷に耐える技術・機器の開発が必要である。

この最も重要な課題を解決するに当たり、以下の 4 つの条件も満たさなければならない。一つ目は、高い核融合反応率を有する高性能炉心プラズマの維持、二つ目は、壁材料（プラズマ対向機器、あるいはブランケット第一壁）の長期健全性確保、そして三つ目は安全性の担保（トリチウムの蓄積量低減など）、四つ目のポイントは、核融合炉成立性の担保（TBR>1 の達成など）である。このように、プラズマ材料相互作用研究とは、炉心プラズマ、プラズマ対向機器、ブランケット等、様々な核融合炉を構成する重要な構成要素と関わり、また多くのトレードオフの関係が存在するため、決して単純なイエス・ノーで結論づけられない研究対象であることを認識しておく必要がある。

本講演では、このようなプラズマ壁材料研究の位置づけを説明し、プラズマやイオンと材料の相互作用の基礎過程の確認、最新の研究成果、及び今後の課題まで含めて幅広く説明を行ないたいと考えている。EUでは、この分野の研究開発の重要性が強く認識され、既に建設が始まっているITER計画を成功させるために、多くの研究者が実機研究、基礎研究、及びモデリング・シミュレーション研究に従事している。また、プラズマ・材料相互作用研究は、炉心プラズマから、材料研究、システム研究など、広い分野にまたがるため、多くの専門家が協力して研究を進める体制が確立している。従って、若手研究者の方々には、自身の研究を精力的に進めると共に、国内外の研究者と積極的に交流して情報交換や議論を行ない、幅広い視野から自身の研究の意義付けを理解し、さらに今後進むべき方向を強く意識しながら研究を進めることを望む。