

ITERにおけるプラズマ計測と原型炉に向けた課題

東北大学・同志社大学 笹尾真実子

現在日本の核融合研究は、LHD がフルスペックで稼働し JT60-SA の建設も順調に進行しており、核融合炉実機に近い規模でのプラズマ実験を中心に据えることができる段階に入ってきている。これらの実験では計測技術や診断法の進歩がプラズマ物理の解明を牽引し、さらにプラズマ物理の進展が高度の計測技術や診断法の進展をもたらしてきている。しかし、ITER（国際熱核融合炉）の燃焼実験のための計測においては、現在の計測から大きくステップアップする必要がある。そのポイントとしては、

1. 放射線場で高い信頼性を持つ計測が求められる、
2. 自己加熱プラズマの物理課題に対応した新しい計測が必要、
3. 長時間放電に対応し、粒子制御や電流制御に直結する計測法が求められている、
ことがあげられる。さらに
4. 計測環境に著しい制限がつく原型炉の安全で安定的な運転・制御が見通せる計測法ならびに制御方法を確立することがあげられる。

炉心プラズマで発生する 14MeV 中性子は、ブランケット、真空容器、閉じ込め磁場コイル等の物質中の核反応、弾性散乱によりガンマ線や粒子線、中性子線を放出、自らは減速あるいは消滅する。このため、14MeV 中性子フラックスはブランケット表面では $10^{18}/\text{m}^2\text{sec}$ に近いが、0.5 m の厚みのブランケットにより 3～4 桁減少する。一方ガンマ線、低エネルギー中性子線、熱中性子線のフラックス減少は 2 桁程度である。

これらの放射線が計測機器に及ぼす影響としては、光学機器の透過損失、誤信号・雑音誘発、一時的な伝導率の変化、起電力といった過渡的影響と恒久的な絶縁劣化や核変換よる材料変質等といった永久的影響とがある。光学機器の透過損失も部分的には回復しきれずに劣化が積み重なっていく。このような影響は宇宙で使用する機器や原子炉計装機器の開発のためこれまでも調査がなされてきたが、ITER の計測診断機器は多岐におよび、さらに出来るだけ接近して高精度の測定をする必要があるため、さらに多くの調査と部品開発が行われた。現在のところ、一部をのぞき、部品選択・方式の選択・設計で乗り切れると期待できる計測システムが構築されつつある。ただし、実機においては力学的負荷、熱負荷との複合効果も懸念されるため、一つの物理量に対し複数のシステムでクロスチェックする必要がある。

一方、原型炉においては中性子出力が数倍～10倍、一年あたりの運転時間は数十倍以上となり、トリチウム生成率（TBR）を上げるために開口部をできる限り小さくする等の制限がある。ITER で安定的な運転・制御が見通せる計測法ならびに制御方法を確立することが不可欠である。