

燃焼プラズマを目指した放射損失計測

芦川直子（核融合研）

核融合プラズマにおいて主なエネルギー損失を表す放射損失測定は重要な計測機器の一つとして位置づけられている。現在、広く用いられている方法は抵抗型ボロメータであり、LHD、JT-60Uその他大型核融合装置で使用されている実績もあり、分布計測はアレイ状に検出器を設置することで測定される。また、AXUVダイオードを用いた放射測定も行われつつあり、時間分解能の点で抵抗型ボロメータより優れている。さらに赤外線カメラを用いたIRボロメータはLHDとJT-60Uで計測が行われていて、2次元計測という観点で優れた特徴を持つ。

IRボロメータは真空容器内に金属薄膜を設置し、金属薄膜上でプラズマ放射損失によって上昇した温度変化分を真空容器外の赤外線カメラにより測定するものである。利点として、1) 100以上の空間チャンネルが1台の赤外線カメラから取得可能、2) 空間チャンネルを数値解析時に変更可能であり、3) 受光面である金属薄膜材料の最適化により、中性子照射による性能劣化が回避可能であることが挙げられる。

LHDで開発した本計測機をJT-60Uへ設置するにあたり、LHDと異なる点として1) 重水素実験による中性子の遮蔽、2) ディスラプション、3) 300°Cベーキングが挙げられ、これらを考慮した設計を行った。さらに燃焼プラズマが運転予定である国際熱核融合実験炉（ITER）では、より高い中性子照射レベルによる影響を考慮する必要がある。

中性子による影響を受ける箇所としては第一に受光面である薄膜が挙げられる。現在使用している金は水銀に変質することが予想され、他の金属の選出が進められている。この問題は抵抗型ボロメータでも同様であり、こちらはITERを目指した検出面への中性子照射実験が行なわれて、水銀への変化率が既に求められている。第二に赤外線カメラ本体の内部にある2次元素子の劣化である。この問題は波長域を問わずCCD等2次元検出器全般の問題であり、現在はポリエチレン等による中性子遮蔽を用いることで回避している。ITERを考える際には、設置場所における中性子照射レベルを算出し、そこで必要な中性子遮蔽材の厚みが、実際の設置スペースに見合うのかを考慮する必要がある。また、赤外線カメラを核融合実験装置で用いる場合、多くは軟鉄、パーマロイなどの磁気遮蔽も併用しているため、これらを含めた全重量がディスラプションによる応力に耐えうるものとするよう、十分なサポート荷台が必要となる。これらの最適化は個別試験によって進める必要がある。第三に信号伝送系に用いる光ファイバーの劣化が挙げられ、これは計測期を含む遠隔装置一般に共通する問題である。

核融合分野では、赤外線カメラ本体で使用することが多いが、ITERの厳しい設計条件を解消するためには、天文学系で用いるような検出素子単体での使用を考えるなど、今後発想の転換も必要と考える。