

時間依存ダイバータ熱流束計測法の開発

村岡英樹 ブイ スアン ニャット ソン 山本優矢 松浦寛人
大阪府立大学工学研究科

ITER において、ダイバータに与えられる熱負荷は通常運転時で 10~20MW/m² に達すると予想されており、ダイバータ熱負荷低減法の研究が数多く行われている。それらの熱負荷低減法の効果を確認する指標として熱流束[W/m²]が参照されるため、ダイバータに流入する熱流束を精度良く評価できる手法が求められている。熱伝導の逆問題を解き、ダイバータに流入する熱流束を推定するには、適切なモデルとノイズを最小限に抑えた温度の測定データが必要である。本研究では、時間依存ダイバータ熱流束計測法の開発を目的とし、測定状況に適したモデルの構築と、熱電対を用いた温度センサであるカロリメータの改良を行ってきた。

カロリメータは、図1のような、熱電対と受熱基板から成るシンプルな構造が特徴である。プラズマ照射によってカロリメータの基板の表面に流入したエネルギーは、熱として基板を伝わり、温度上昇として熱電対により計測される。図2は一次元体系でモデル化した基板に、ある時間一定の熱流束が入射する場合を仮定した、モデル計算による温度時間発展のグラフである。このグラフは基板における受熱面の裏側の境界条件により温度上昇の仕方が異なることを表している。Heat sink は受熱面の裏側に理想的なヒートシンクがあり、裏側の温度が一定に保たれている。Insulation は受熱面の裏側が熱的に絶縁されていて、基板の熱損失が無い。Infinite は裏側が無限に続くような半無限体を考えている。Insulation のように熱損失がない基板内の温度分布が一様に変化すると仮定すれば、放電時間中に与えられる熱量がそのまま基板の温度上昇に寄与するので、非常に簡単な熱流束評価が可能となる。

しかし、測定に適した解析を行うには、境界条件の違いに加え、入射する熱流束の変化も考慮しなければならない。ELM(Edge Localized Mode)やディスラプションといった非定常な事象が起これば、わずか数ミリ秒の間に数 GW/m² もの熱負荷が与えられると予想されている。このようにターゲットへの熱流束が急激に変化する場合、温度分布が一様に変化するという近似が常に成り立つとは限らず、ターゲット内の非定常な温度変化をモデル化する必要がある。また熱流束の急激な変化に対応できる時間分解能を持った温度センサが必要である。そこで本研究では、ターゲットの温度分布を考慮したモデル構築と応答時間の短いカロリメータの開発を行っている。

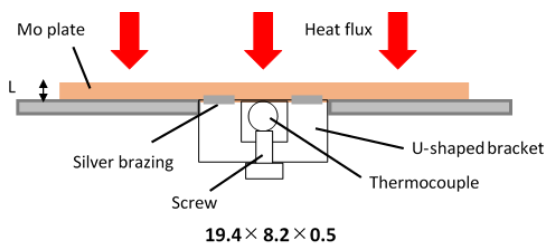


図1 カロリメータ概略図

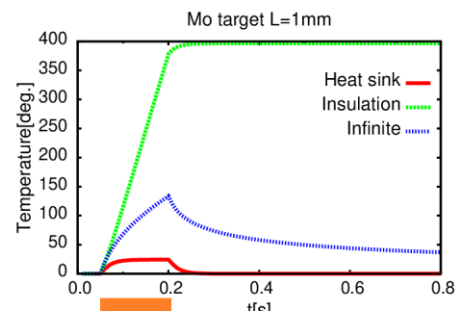


図2 受熱板の境界条件による温度変化の違い

参考文献

- 1) H. Matsuura et al, Fusion Science and Technology, 63(2013)180-183
- 2) Y. Yamamoto et al, Plasma conference (2017)21P-41
- 3) 「温度勾配型サーマルプローブの小型化」, 松浦寛人、大西雄馬、大島慎介、門信一郎、水内亨、永岡賢一, 第29回プラズマ・核融合学会年会講演会(2013,東工大) 05aE45P