ダイバータプラズマ熱流束計測における熱電対システムの時間遅れ

Time delay of the thermocouple system in divertor plasma heat flux monitoring

*松浦 寛人[1]，ブイスアンニャットソン[1]，中嶋 洋輔[2]，大島慎介[3]，永岡 賢一[4]，竹野 裕正[5]

[1]阪府大，[2]筑波大，[3]京都大，[4]核融合研，[5]神戸大

我々はプラズマ対向材料の受ける熱流束を評価するため、熱伝導の逆問題を解く数学的モデルを開発した。対向材ターゲットの温度は熱電対でモニターし、応答を速くするため実効サイズの小さなターゲットを備えたセンサーを設計、製作した。しかしながら、実際の熱電対信号はプラズマ放電パルスから予想される温度の時間変化より大きく遅れており、これは熱電対測定の共通の問題と思われる。本研究では、この時間遅れの原因について考察を行った。

キーワード：ダイバーター熱流束、熱電対、一時時間遅れモデル

1. 緒言

我々は熱伝導の逆問題を解いて、プラズマ照射を受けた物体の温度変化を再現する時間依存の熱流束を推定する方法を提案し、ヘリオトロン J やガンマ 10/PDX の熱流束測定用カロリーメーターの改良を進めてきた。[1] ターゲット温度のモニター用熱電対をプラズマ照射面に近づけることで、速い時間応答の測定が期待された。しかしながら、実際のプラズマ実験での測定でははるかにゆっくりした温度応答のデータが得られ、これから推定される熱流束の変化は、放電の時間履歴とは整合性が取れないものとなっていた。[2]

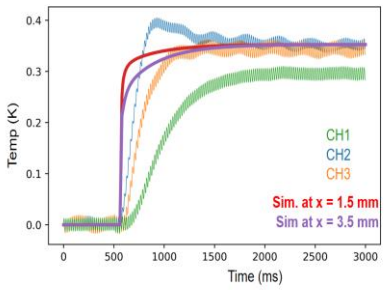

図 1．NB テストスタンドでのカロリーメーター校正実験でのターゲット温度測定例。

2. 短パルス NB による熱電対測定系の較正

ガンマ 10/PDX で実際に使用されたカロリーメーターターゲット温度の時間応答を正確に調べるために、加熱用中性粒子ビームのテストスタンドで 10 ミリ秒程度の短パルスビームを照射し、熱電対信号の応答を調べた。図 1 は、その 1 例である。熱電対は、照射面から 1.5 および 3.5 ミリメートルの位置に設置されている。各熱電対位置までの熱拡散時間は 8 及び 42 ミリ秒なので、十分早い温度応答が予想される(図の赤線及び紫線)。しかしながら、実際の熱電対信号(水色線および橙線)は、はるかにゆっくりした応答を示している。この熱電対信号の応答は、遅れ時間τ_0 =80 及び 120 ミリ秒の一次遅れ系でモデル化すると、その特徴をよく再現できている。

現在、市販のシース付き熱電対を用いた調査により、金属シースでの熱抵抗による時間遅れが 100 ミリ秒のオーダーであることと、熱電対のターゲットへの固定の形態により、この遅れ時間が大きく変わることが確認されている。本研究は NIFS 双方向型共同研究(NIFS20KUHL099/NIFS20KUGM153)および一般共同研究(NIFS20KLPR051)の援助を受けている。

参考文献

[1] H.Matsuura *et al*., IEEE Transactions on Plasma Science 47 (2019) 3026-3030.

[2] H.Matsuura *et al*., 24th International Conference on Plasma Surface Interactions in Controlled Fusion Devices (online, korea).

*Hiroto Matsuura[1], Bui Xuan Nhat Son[1], Yousuke Nanashima[2],Shinsuke Ohshima[3], Kenich Nagaoka[4], Hiromasa Takeno[5]

[1]OPU, [2]Univ. of Tsukuba, [3]Kyoto Univ., [4]NIFS, [5]Kobe Univ