

熱絶縁型カロリメーターの熱伝導解析

Heat conduction analysis of thermal insulation type calorimeters

松浦寛人¹、梅田雄太郎¹、シャヒヌールイスラム²、大内理人²、中嶋洋輔²Hiroto MATSUURA¹, Yutaro UMEDA¹, MD SHAHINUL ISLAM², Masato OOUTI²,
Yosuke NAKASHIMA²大阪府大¹、筑波大²Osaka pref. Univ.¹, Univ. Tsukuba²

筑波大学のガンマ10/PDXのDモジュールの熱流束測定に用いられているカロリメーターアレイは薄膜金属受熱板に熱電対を取り付けた構造になっている。[1] そのカロリメーターチップの熱伝導解析は、通常チップ内の温度分布を考慮しない集中熱容量系 (Lumped-Heat-Capacity system) 近似を用いて解析できると考えられる。(これは、ヘリオトロンJ用に作成中のカロリメーターと同様である。) これに対して、西エンド部の熱流束測定に用いられている駆動カロリメーターは、奥行き1センチ程度の金属体であるため、同近似を適用できない。しかし、そのサポート部の直径が小さいため、プラズマ照射面と反対側の境界条件として熱絶縁条件を付加した伝熱モデルでカロリメーターの熱電対信号の時間挙動をある程度まで説明できることを報告している。[2] しかしながら、プラズマ放電時のノイズ対策とECH追加熱による熱流束の増大とともに、カロリメーターの温度変化を完全には説明出来ていない点が顕著になってきた。特に、温度上昇のピークが放電ショットの終了後、数秒で現れるという点はサポート材を通した熱損失を考慮しないと説明出来ない。図1に2015年度の実験での測定例を示す。プラズマ放電中(50~250 ms)の信号は、一見熱流束の入射を反映している用に見えるが、これは加熱用の高周波電源からのノイズであり、放電停止後の温度上昇がプラズマ熱流束の効果を反映していて、3~5 sでピーク値を示している。

図2に3つの境界条件、完全徐熱(sink)、完全熱絶縁(iso)、無限境界(inf)の下での熱電対信号の応答を比較した。ECH追加熱実験をモデル化するため、短時間の熱流束入射に対する応答を計算している。温度測定は入射表面から3.5ミリとしている。入射面と反対側の温度勾配をゼロとするiso条件ではモデルセンサー全体がほぼ同じ温度で上昇しなければならないので、他のモデルに比べて温度上昇は少ない。これは、薄膜を使う場合と逆の傾向である。今年度、新たに複数の熱電対を埋め込んだカロリメーターアレイを製造している。[3] 講演ではその熱電対信号の検討結果も紹介する。

本研究は双方向型共同研究(NIFS16KUGM112/NIFS16KUHL069)の援助を受けている。

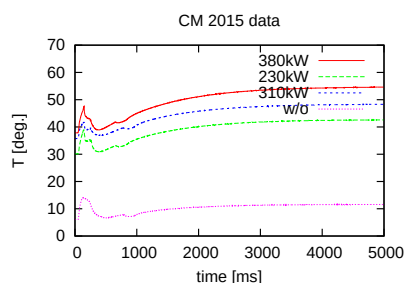


Fig.1 熱電対信号の時間変化.

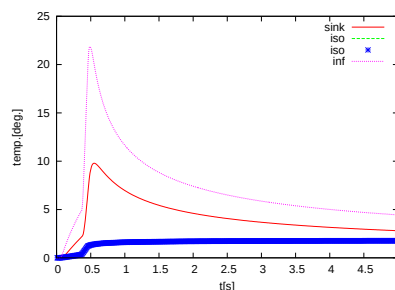


Fig.2 各種境界条件の影響比較

[1] M. Iwamoto, et al., Plasma Fusion. Res. 9, 3402121 (2014).

[2] H. Matsuura, et al., Fusion Sci. Tech. **63**, 180-183 (2013).

[3] 大内理人他、本講演会 30aP25.