2019年秋の大会

核融合工学部会セッション

日米科学技術協力事業 PHENIX 計画の成果
Accomplishments of Japan-US Joint Research Project PHENIX

（4）He ガス冷却タングステンダイバータの総括熱流応答

(4) Overall heat flow response in helium gas-cooled divertor made of tungsten

*横峯 健彦 [1], 上田良夫 [2], 結城 和久 [3], M. Yoda [4], A. Sabau [5]
[1] 京都大学, [2] 大阪大学, [3] 山口東京理科大学, [4] GIT, [5] ORNL

1. 本タスクの目的

本タスクの目的は、“安全”と“長期健全性”という観点から第一義的現象であるプラズマ対向機器（PFC）における総括熱流現象を高熱負荷・高温・高圧伝熱実験および照射タングステン熱負荷実験によりモデル化することにある。また、他のタスクで得られる照射材特性変化ならびにトリチウム挙動に関するデータに基づき構造解析を含む PFC の総括熱流応答解析を行い、対向材料の使用限界を把握し、安全な PFC 構築の評価基準を与えることを最終目的とする。

2. 伝熱実験

伝熱実験は、ジョージア工科大学（GIT）のヘリウムループを用いて行った。試験対象をマルチノズル衝突噴流とし、より原型炉設計に近い条件にするために、高熱負荷（10MW/m^2）での高温（～700℃）、高圧（100気圧）ヘリウムガスを用いた伝熱実験を目標とした。高熱負荷かつ衝突噴流といった流れ体系の場合、ヘリウムガス流の層流化が危惧される。層流化にはガス物性が大きく影響するため、ヘリウムガスループを使用する必要があった。上記条件を実現するために既存ループを大幅に改良し、またタングステン合金によるダイバータ冷却素子（試験部）を設計製作した。伝熱実験の結果から、熱伝達整理式（冷却性能）とポンプ動力の関係を求め、合理的に冷却可能であることを示した。ただし、ヘリウムガス温度が 200℃を超えたところから加熱および加速層流化による伝熱性能（熱伝達率）の劣化が見られた。実験結果に基づき、ダイバータ冷却素子の最適形状（フラット型）を見出した。

3. 熱負荷実験

オークリッジ国立研究所（ORNL）の Plasma Arc Lamp（PAL）を使用して熱負荷実験を行った。タスク 2 から提供された中性子照射材を試験片とするため、照射材熱負荷試験用に新たに遮蔽、試料ホルダー、計測システムを整備した。800 サイクル以上の入射熱流束約 10MW/m^2 での非照射材試験片および中性子照射材試験片（ITER W および K ドープ W-3%Re）を用い、熱拡散率の照射影響を詳細に調べた。高温では、照射された純Wの熱拡散率は、未照射の値に近づいた。また K ドープ W-3%Re 試料への照射効果は極めて限られており、 照射された試料は、温度が上昇してもほぼ同じ熱拡散率を示した。

4. システム検討

He 冷却ダイバータの総括熱流解析を行うために必要な情報を整理し、上述で提案したフラット型ダイバータ冷却素子設計を基に、本タスクの熱負荷試験からの熱伝導率情報および、タスク 2 からの中性子照射による材料特性変化のデータ、タスク 3 からのトリチウム挙動モデルをもって、PFC システム設計における総括熱流応答解析を行い、PFC の設計ウィンドをより明確に示す。

*Takehiko Yokomine[1], Yoshio Ueda[2], Kazuhisa Yuki[3], Minami Yoda[4] and Adrian Sabau[5]
[1]Kyoto Univ., [2]Osaka Univ., [3]Sanyo-Onoda City Univ., [4]GIT, [5]ORNL