

PHENIX計画の概要 Overview of PHENIX Project

上田良夫¹⁾、波多野雄治²⁾、横峯健彦³⁾、檜木達也⁴⁾、長谷川晃⁵⁾、大矢恭久⁶⁾
Daniel Clark⁷⁾, A. Sabau⁸⁾, M. Yoda⁹⁾, L. Y. Katoh⁸⁾, L. Garrison⁸⁾, M. Shimada¹⁰⁾,
D. Buchenauer¹¹⁾

Y. Ueda¹⁾, Y. Hatano¹⁾, T. Yokomine¹⁾, T. Hinoki²⁾, A. Hasegawa¹⁾, Y. Oya²⁾

¹⁾阪大工、²⁾富山大水素研、³⁾京大工、⁴⁾京大エネ研、⁵⁾東北大工、⁶⁾静大理、
⁷⁾DOE、⁸⁾ORNL、⁹⁾GIT、¹⁰⁾INL、¹¹⁾SNL

概要

ITER では高熱・粒子負荷を受けるダイバータのプラズマ対向材料としてタンクステン (W) を使用し、除熱のための冷却材としては水が用いられる。また、その後の原型炉でも、現在の設計では W プラズマ対向材料と水冷却が主案となっている。しかしながら、W は基本的には脆性材料であり、特に核融合炉では中性子照射脆化の評価が不可欠であるが、そのための研究は十分ではない。また、中性子照射により W 中に照射欠陥が形成されるが、これはトリチウム (T) の捕獲サイトとなるため、核融合炉環境下では W は T 吸収量が大きくなるという懸念がある。したがって、中性子照射された W 材料の熱機械特性や T 吸収量を正しく評価し、その結果に基づいてプラズマ対向材料として望ましい W 材料の開発や、ダイバータ機器設計を行うことが、核融合炉の実現には不可欠である。

また、発電炉を視野に入れた場合は、安全性を高めるために He ガス冷却の方が望ましいと考えられる。また He ガスを用いると冷却媒体温度を水より高く設定でき、高い発電効率を実現できる可能性がある。しかしながら、He ガス冷却を用いた場合は水冷却に比べて冷却能が低く、効率的な冷却方法の開発が望まれている。

日米科学技術協力の枠組みで行われている PHENIX 計画は、これらの W プラズマ対向機器開発における課題に対し、新しい知見を得て、原型炉を見据えたダイバータ開発に大きな貢献をすることを目的としている。PHENIX 計画は 3 つのタスクから構成され、それぞれのタスクが相互に協力して研究を進める。

タスク 1 では、He 冷却における熱伝達現象について、特にダイバータ環境下での高温条件での基礎的な理解を深め、その結果をもとに新しい He 冷却ダイバータの設計を行うことを目的としている。具体的には、GIT の高温 He ガスループを用いて、400°C 程度以上での He 衝突噴流によ

る熱伝達特性の研究とモデリングを行う。さらに、PAL (プラズマアークランプ) を用いて、中性子照射タンクステン材の高熱負荷試験を行う。

タスク 2 では、様々な W をダイバータ温度条件下 (500°C ~ 1200°C) で中性子照射して、その熱特性や機械的特性の変化を詳細に調べる。中性子照射は、ORNL の研究用原子炉 (HFIR) で行うが、照射の際に低速中性子を低減して、元素変換と照射損傷の比率が核融合炉に近い条件で照射を行う。

タスク 3 では、中性子照射 W 材料に対して、プラズマ照射、イオンビーム照射、およびガス曝露などの方法を用いて、水素同位体の蓄積・透過挙動について詳細に調べる。さらに、高エネルギーイオン照射試料についても実験を行い、その中性子照射損傷との対応性などについても評価を行う。

本講演では、現在 4 年目の活動が行われている PHENIX 計画 (6 年計画) について、研究の目的や現状、および今後の予定などを紹介して、PHENIX 計画についての全体像を理解していくことを目的とする。タスク 1 については、

「W プラズマ対向材料-He 冷却ダイバータ機器の開発 横峯健彦(京大)」、タスク 2 については、「中性子照射技術の開発 檜木達也(京大)」と「中性子照射 W の微細組織と熱機械的特性 長谷川晃(東北大)」、タスク 3 については、「中性子照射 W におけるトリチウムリテンションと透過大矢恭久(静岡大)」で詳しい説明がなされる。PHENIX 計画の紹介や議論を通じて、多くの参加者の方に原型炉を見据えたダイバータ機器開発研究についての理解を深めていただくとともに、オールジャパンでダイバータ研究開発を進めるための基盤構築に貢献すると期待する。