



プロジェクトレビュー 日米科学技術協力事業 PHENIX 計画-前半の成果と後半の研究計画-

6. まとめと今後の研究計画

6. Summary and Future Plan

上田良夫, 波多野雄治¹⁾, 横峯健彦²⁾, 檜木達也²⁾, 長谷川晃³⁾, 大矢恭久⁴⁾, 室賀健夫⁵⁾

UEDA Yoshio, HATANO Yuji¹⁾, YOKOMINE Takehiko²⁾, HINOKI Tatsuya²⁾, HASEGAWA Akira³⁾,

OYA Yasuhisa⁴⁾ and MUROGA Takeo⁵⁾

大阪大学, ¹⁾富山大学, ²⁾京都大学, ³⁾東北大学, ⁴⁾静岡大学, ⁵⁾核融合科学研究所

(原稿受付: 2016年12月20日)

PHENIX 計画は, タングステン (W) をプラズマ対向材料とするヘリウム冷却プラズマ対向機器 (PFC) の核融合炉環境下における健全性および安全性の評価と, 原型炉実現に向けた開発課題の抽出を目的とし, 2013年度から6年計画でスタートした。既に前半の研究をほぼ予定通りに進め, 後半に入った。

タスク1で実施している高温高圧ヘリウムループを用いた衝突噴流群伝熱実験では, 狭隘流路内での層流化に起因する伝熱特性の劣化という問題が見出された。今後ヘリウム温度500~700℃の高温実験のデータを補完すると共に, 層流化の乱流モデリングのための基礎実験を進める。また, 冷却構造の最適化のための数値シミュレーションによるダウンセレクションを行い, 新しい概念設計およびそれに関連する伝熱実験を行う。また, タスク2の協力を得て, 中性子照射 W 材料の熱伝導度測定および熱負荷実験を実施する。

タスク2では多様な W 材料についてラビットキャプセルを用いた比較的低線量の中性子照射と, 熱中性子遮蔽を施した RB*キャプセルによる核融合環境に近い中性子スペクトルでの高線量照射を, これまでにない高温領域 (500~1100℃) で実施した。誘導放射能の減衰を待ち, 2018年のはじめから, これら照射試料について微細組織観察や機械的特性試験を行い, タスク1で得られる熱伝導特性や耐熱負荷特性のデータと合わせて, W 材料を原型炉プラズマ対向材料として使用する際の健全性予測に不可欠なデータベースを構築する。また, 過去のプロジェクトで中性子照射された W 試料の中から PHENIX 計画の目的に適合するものを抽出し, 照射で導入された欠陥の集合・回復過程に関する基礎的データを取得する。

タスク3では, 同様に過去のプロジェクトで高温中性子照射された W 試料に重水素プラズマを照射し, 世界で初めて高温環境下での中性子照射 W 中の水素同位体挙動に関するデータを取得した。また, 非照射材についてトリチウムの透過実験を実施し, 温度によってトリチウムの拡散経

路が変化することを見出した。今後, ラビットキャプセルおよび RB*キャプセルで照射した試料を用いて, 水素同位体挙動の中性子照射温度・照射量依存性に関するデータベースを構築し, 原型炉でのトリチウム挙動予測の基盤とする。

伝熱実験および熱負荷実験により提案するヘリウム冷却プラズマ対向機器の概念設計に, タスク2から得られる中性子照射効果, およびタスク3からのトリチウム挙動予測を加え, PFC システムの総括熱流応答解析を行い, PFC 設計条件や使用限界, 今後の開発課題を明確にする。

PHENIX 計画はヘリウム冷却 PFC を主眼においてはいるが, W 材料の熱機械的特性やトリチウム挙動に及ぼす中性子照射影響は水冷却システムにも共通する課題である。国内の研究用原子炉が停止している中において, 大規模な中性子照射と照射後試験を実施する機会は極めて限られており, 本研究で得られる照射データベースは核融合コミュニティの貴重な財産となるであろう。迅速な成果の公開と, 関係各所との緊密な情報共有を進めたいと考えている。

また, フレキシブルな照射後試験を実施するため, 照射材の一部を国内へ輸送することを計画している。特に, 東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センターには, 透過電子顕微鏡や陽電子寿命測定装置など材料分析に不可欠な装置群に加え, 直線型プラズマ装置 Compact Divertor Plasma Simulator (C-DPS) や昇温脱離実験装置が整備されており, 核融合炉材料の照射後試験に最適な環境が整っている。今後, 関係各所と協議し, 滞りなく試料の輸送が行えるよう準備する予定である。

以上のように, 中性子照射はほぼ完了しつつある状況ではあるが, 照射後試験はまさにこれから本格化する。極めて貴重な中性子照射試料なので, 照射後試験の進め方についてご助言等をいただければ大変幸いである。

核融合炉の実現には, トリチウムや放射化物の取り扱いに関する知識を有する研究者, 技術者が不可欠である。ま

corresponding author's address: Grad. Sch. of Eng. Osaka Univ., Suita, OSAKA 565-0871, Japan

corresponding author's e-mail: yueda@eei.eng.osaka-u.ac.jp

た、ITER 計画などの国際共同研究で我が国が指導的立場を得るためには、国際経験が豊富な研究者、技術者を育成していく必要がある。PHENIX 計画は、このような人材育成の面でも貴重な役割を果たすものであり、若い研究者、博士課程学生の積極的な参加を期待する。

謝 辞

研究の企画・実施に関しては、核融合科学研究所の日米協力研究計画委員会の委員長（小森彰夫前所長、竹入康彦現所長）、幹事（金子修先生）、委員各位にご指導ご協力をいただいた。本研究がアメリカ側の多大な協力により遂行できていることはいうまでもない。最後に、参加協力いた

だいたアメリカ側の研究者に心より謝意を表する（所属は共同研究当時のもの）。

D. Clark（米国エネルギー省）、L. M. Garrison, J. W. Gerlinger, X. Hu, Y. Katoh, T. Koyanagi, J. L. McDuffee, C. M. Parish, A. S. Sabau, L. L. Snead（以上 オークリッジ国立研究所）、L. Cadwallader, B. Merrill, R. Pawelko, M. Shimada, C. Taylor（以上 アイダホ国立研究所）、D. Buchenauer, D. Donovan, R. Kolasinski, W. Wampler（以上 サンディア国立研究所）、S. I. Abdel-Khalik, M. Yoda（以上 ジョージア工科大学）