

材料損傷機構の実験および理論による包括的研究と高エネルギー量子ビーム場用材料開発

川合 將義

(高エネルギー加速器研究機構・名誉教授)

【研究の概要等】

高エネルギー量子ビーム場とは、大強度陽子加速器施設での核破砕中性子源や加速器による長寿命放射性廃棄物の核変換システム(ADS)の外部中性子源を指す。それらの材料は、陽子ビームパルスによる衝撃損傷や放射線による照射損傷が激しく寿命が短くなるので、その対策は重要である。本研究では、材料の損傷機構を解明し、耐損傷特性の高い材料や損傷緩和機構を開発する。即ち、多様な照射場での照射実験やシミュレーション実験を行い、ミクロ組織のその場観察によって照射損傷機構を明らかにする。また、制御されたエネルギーの衝撃を与えて圧力感受素子での応力歪み分布測定法等で材料の耐衝撃特性を調べ、かつ液体/固体界面のバブルの挙動や固体組織の変化を調べて、衝撃力のシミュレーション計算を手助けに衝撃損傷の機構を明らかにする。それに基づいて衝撃緩和システムを開発する。さらにナノテク技術や電気化学的な方法を用いて耐衝撃ならびに耐放射線損傷材料を開発する。上記実験データ解析結果を反映した高精度の核反応から材料特性変化まで含むマルチスケールモデルによる放射線損傷評価コードシステムを開発し、寿命予測機能の賦与を目標とする。

【当該研究から期待される成果】

耐衝撃ならびに耐放射線損傷機能、特性を備えた新材料や衝撃緩和機構が創出され、日本のJ-PARCや米国SNSの核破砕中性子源施設のターゲットの寿命を長くし、施設の信頼性向上を可能にする。将来の大出力陽子ビーム利用システムの設計を可能にする。対象の量子ビームは高エネルギーで、生成される粒子が多様なため、損傷機構は原子炉に比べて遥かに複雑である。当研究で得られたデータや既往の原子炉実験のデータの総合的な考察により、材料の放射線損傷の網羅的なデータベースが構築できる。データベースは、原子炉材料の開発寿命予測の基礎としてプラントの保守安全の役に立とう。また、材料の開発加工技術の改良や新技術が産み出されよう。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- 1) M. Futakawa, et al.: "Pitting damage by pressure waves in a mercury target", J. Nuclear Materials, 343 (2005) 70-80.
- 2) K. Kikuchi, et al.: "Evaluation of residual tritium in stainless steel irradiated at SINQ target 3", J. Nuclear Materials, 356, (2006) 157-161
- 3) M. Kawai et al.: "Development of Resistant Materials to Beam Impact and Radiation Damage", J. Nuclear Materials, 356 (2006) 16-26
- 4) T.D. de la Rubia, et al.: "Multiscale modeling of plastic flow localization in irradiated materials", Nature 406 (2000) 871-874
- 5) H. Kurishita et al.: "Current Status of Ultra-Fine Grained W-TiC Development for Use in Irradiation Environments", Phys. Scr. T 128 (2007) 76-80.

【研究期間】 平成19年度－22年度

【研究経費】 35,100,000 円
(19年度直接経費)

【ホームページアドレス】 なし