

課題名	FFAG 加速器を用いた加速器駆動未臨界炉用材料挙動の解明			
参画機関	京都大学、(独)自然科学研究機構核融合科学研究所、福井大学			
事業規模	期間	平成22～24年度	総額	114百万円
<p>【研究代表者】 義家敏正 京都大学 教授 (原子炉実験所)</p>				
<p>【研究概要】</p> <p>加速器と未臨界体系原子炉を複合した加速器駆動未臨界炉(ADSR)は、核燃料増殖と使用済み核燃料の核変換処理を同時に達成し、安全性と環境調和性に優れた革新的なエネルギー発生装置・中性子源となる可能性を秘めています。ADSRの成立性評価には、加速器、未臨界炉、炉材料及び除熱技術に関する基礎的知見の取得と蓄積が不可欠です。本研究では、ADSR加速器ターゲット周辺部の高エネルギー粒子と高密度の熱に曝される材料の挙動を解明し、材料工学及び熱工学的観点からADSR開発に寄与することを目的としました。</p> <p>材料照射研究には照射場が不可欠です。エネルギー可変型固定磁場強収束(FFAG)陽子加速器の主リングへの入射機として、負水素イオンリニアックを用いて、ビーム強度を増強すると共に、材料照射実験に必須の照射チェンバーを導入しました。それを用いて照射中の疲労試験や、極低温での電気抵抗測定や陽電子消滅分光実験を行い、陽子照射下の材料挙動を解明しました。臨界集合体実験装置 KUCA と FFAG 陽子加速器を組み合わせ、高速中性子照射場の特性評価のために、中性子エネルギー測定、発生量分布測定、ADSR 内での中性子束測定・反応率測定等の実験手法を確立しました。ADSR 固体ターゲットの除熱技術確立を目的として、陽子照射がターゲットや構造材表面の濡れ性及び沸騰挙動への影響を調べるために、線種及び照射雰囲気などのパラメータを変化させて実験を行いました。γ線及び陽子照射の水中雰囲気照射では、真空雰囲気に比べて著しく濡れ性が向上することを見出すことができました。</p>				
<p>【その後の取り組み】</p> <p>FFAG 加速器は加速電圧とビーム電流の増強を行い、実機に必要な条件に近づける予定です。未臨界炉の計測技術では照射場の特性評価の効率化を可能にして、中性子照射場の設計と ADSR の安全設計に役立てたいと思います。材料照射研究は損傷量 (dpa) の評価法の確立と、陽子ビーム強度の増加に従ってその損傷構造発達を調べる予定です。除熱研究では、陽子照射時にもγ線が発生するので、陽子照射自体の効果について明らかにしたいと思います。</p>				



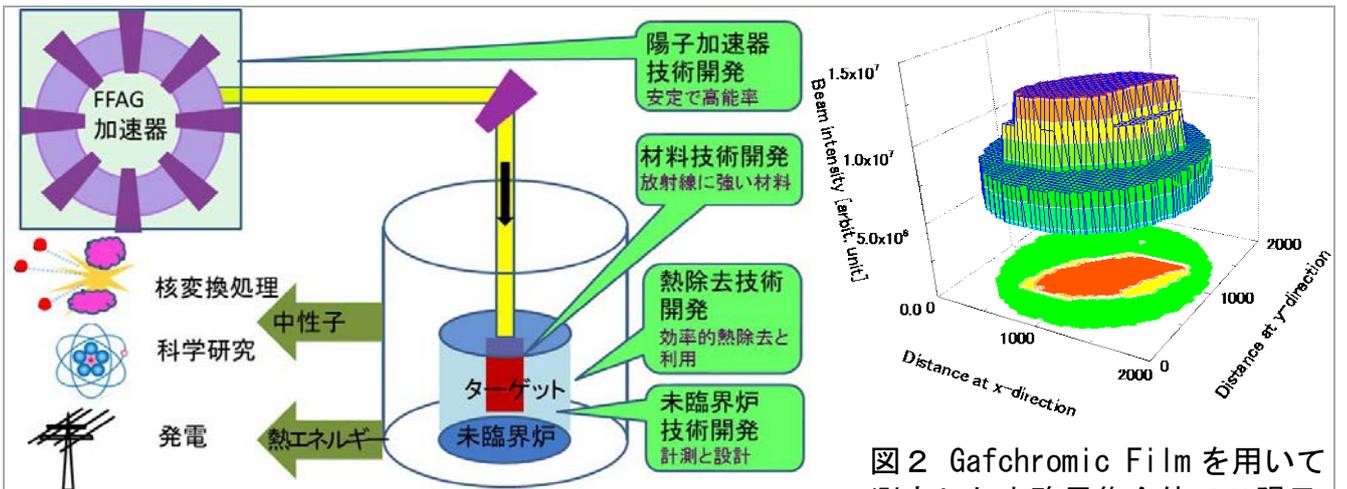


図1 加速器駆動未臨界炉(ADSR)の原理、実現に必要な技術開発およびその応用。

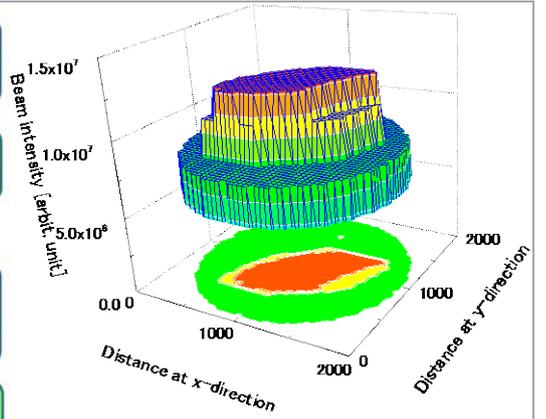


図2 Gafchromic Filmを用いて測定した未臨界集合体での陽子ビームの2次元分布。



図3 プロトンビームラインと照射チェンバー。

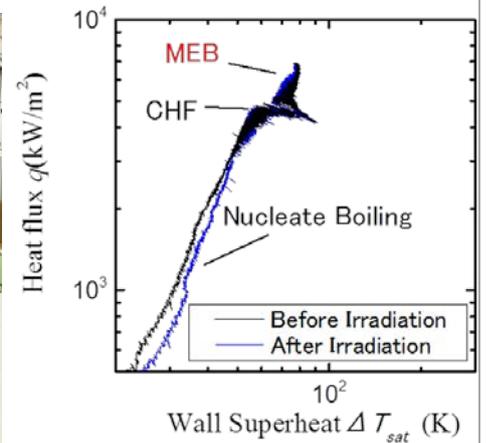
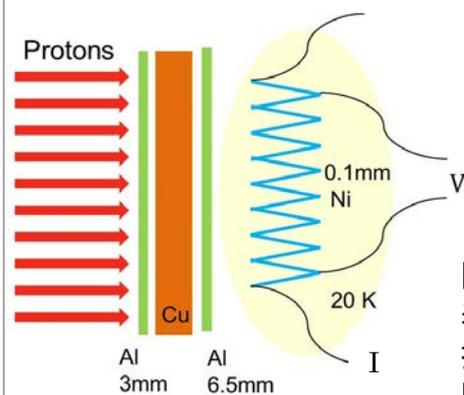


図4 紫外線照射前後の沸騰曲線(サブクール度:40K)。核沸騰領域での沸騰曲線の高過熱度側遷移は、濡れ性の向上により気泡核が不活性化したためです。



ビーム遮蔽用Cuの厚さ (mm)	0	10	20	22	23	25
抵抗増加率 (10 ⁶ Ω/s)	6.4	3.9	3.4	3.2	1.9	1.7

図5 低温(20K)電気抵抗増加率の測定の模式図。

表1 Cu遮蔽体の厚さと150MeV低温陽子照射下での電気抵抗増加率の変化。従来の計算結果では22mmまでの変化は説明できません。材料損傷量評価のために説明が必要です。

代表的な特許、論文受賞など

1. T. Yoshiie, K. Fukumoto, Y. Ishi, D. Ito, Y. Kuriyama, T. Misawa, Y. Mori, T. Nagasaka, K. Nakajima, Y. Oki, C.H. Pyeon, Y. Saito, K. Sato, X. Z. Shen, S. Shibata, T. Uesugi, Q. Xu, "Studies on ADS as a neutron source at the Kyoto University Research Reactor Institute", J. Nucl. Mater. (2014) doi.org/10.1016/j.jnucmat.2013.09.012.
2. K. Sato, S. Kawamoto, K. Ikemura, V. Krsjak, C. Vieh, R. Brun, Q. Xu, T. Yoshiie, Y. Dai, "Positron annihilation spectroscopy of ferritic/martensitic steels F82H and T91 irradiated with protons and neutrons at PSI", J. Nucl. Mater. (2014) doi.org/10.1016/j.jnucmat.2013.09.009.
3. T. Yoshiie, K. Sato, Q. Xu, Y. Ishi, T. Uesugi, Y. Kuriyama, Y. Mori, "Comparison between in-situ and post-irradiation cyclic deformation structures in Ni by 150MeV proton irradiation", Trans. JIM (2014) doi.10.2320/matertrans.MD201305.