

## 材料部会セッション「材料照射研究の現状と今後の展望」

## (2) 核破碎中性子源による材料照射研究

## (2) Material irradiation research using the spallation neutron sources

菊地 賢司

茨城大学

## 1. 核破碎材料研究のねらい

高エネルギー陽子照射による構造材料特性の変化は、中性子照射（原子炉、核融合炉条件）の場合と同じか？異なるか？J-PARC、US-SNS、EU-SNS（当時）の大強度中性子源標的の寿命に及ぼす高エネルギー粒子照射の影響は何か？核破棄物の核変換システム（ADS）を想定した陽子ビーム窓材料の選定は？共通するのは、加速器駆動装置で使う材料の交換寿命と装置の成立性を見極めることが研究の狙いである。

## 2. 利用する材料選定

スイス PSI の核破碎中性子源標的（サイクロトロン 580MeV、0.8MW）を利用して、高エネルギー陽子照射の材料実験を開始した（1998年）。核破碎中性子源の固体標的として歴史のあった W に着目し、パラメータをふるために単結晶、多結晶、高純度系の試料などを選定し、照射材の準備を行った（科研費「長寿命核破碎中性子源用ターゲットの開発」（川合代表））。Ta は崩壊熱が MW 級中性子源では高く、単独の使用ではなく、W 標的の高速度水流下でのエロージョン防止被覆材として選定した。他に固体標的では金も取り上げた。実際そのような議論が施設建設であった。

液体金属中性子源標的としての水銀、鉛ビスマス自体の利用価値は、“材料損傷”が考慮不要の点と除熱の熱媒体として使える点にあり、材料照射研究対象は、標的閉じ込め容器材料となる。我が国に蓄積された核融合材料研究等の蓄積を元に、オーステナイト鋼と FM 鋼の材料に着目して研究を展開した。

## 2. 照射後試験研究

J-PARC と PSI が覚え書きを交わし、旧原研の東海 HL に照射材を輸送し管理した。機械試験、金相試験、電顕、残留軽核ガス測定、陽電子消滅試験を、専門家の協力を得て実施した。機械荷重による引張りは、ゲージ部の伸びの直接測定から歪みを割り出すこと、疲労強度は板の曲げ疲労特性で、核発熱と熱応力制限に起因する。他にシャルピーは DBTT 評価のため実施された。最近の研究では、2006年に 580MeV 陽子を流動鉛ビスマス核破碎標的に入射する実験を行い、実部材の照射後試験で ADS に関連する先駆的な研究が継続中である。中性子源である水銀標的の使用済み材料の照射後の追跡型研究も実施されている。

## 3. 研究結果と今後の課題

原子の弾き出し数に対する中性子照射材と比較すると、オーステナイト鋼の延性の低下が大きい。溶接金属（EBW）の延性の低下が著しく、重要な結論は、溶接部に陽子ビームを直接当てない事である。FM 鋼では、DBTT の上昇が極めて大きく（Yong Dai）、引張試験後の破面も 1800appmHe で粒界破面の報告がある。同様な照射条件で JPCA では粒内破面であった事に注目している。軽核ガス生成量は陽子ビーム利用標的の体系で異なる。評価には PHITS 等の計算結果が必要である。研究課題は、残留ガス効果、液体重金属効果である。成果詳細は、JNM の論文（IWSMT 発表）、概要記載は科研費「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」（川合代表）報告書にある。

---

Kenji Kikuchi

Ibaraki University