

水銀ターゲット容器構造材のギガサイクル疲労強度評価 Gigacycle fatigue behavior of structural material for the mercury target vessel

直江崇¹、熊志紅²、二川正敏¹

1 JAEA-MLF、2 中国-中山大学

大強度核破碎中性子源として水銀ターゲットを使用する物質・生命科学実験施設では、ターゲット材を内包するターゲット容器構造材として、SUS316Lを用いている。ターゲット容器は、陽子及び中性子照射による損傷を受けると同時に、水銀中に発生する陽子線励起圧力波により繰返し応力が負荷される。ターゲット容器は1MWで2500時間という設計寿命中に2億回を越える繰返し負荷を受ける。

近年、繰返し数が1千万回を上限とした疲労試験により疲労破壊が生じないとされる疲労限度以下の荷重でも、材料内部の介在物等を起点とした内部破壊によりギガサイクル領域で疲労破壊が生じることが報告されており、原子力機器等に用いられるSUS316Lのギガサイクル領域の疲労データの整備が必要とされている。本発表では、超音波共振を利用して短時間に高サイクルの疲労試験が可能である超音波疲労試験法を用いて、容器構造材であるSUS316L及びその溶接材に対して 10^9 回までの疲労試験を実施した結果を報告する。

SUS316L材では、 10^7 回以上の領域では、通常の疲労限度以下の荷重でも試験片表面からのき裂伝ぱによる疲労破壊が生じ、 10^9 回までの試験では明確な疲労限度が現れないこと確認した。一方、溶接材では、溶接ビードを除去した平滑材では母材以上の疲労強度が得られたが、溶接ビードを残した試料では、止端部での応力集中により疲労強度が母材以下に低下することを確認したが、内部欠陥を有する場合の評価は今後の課題である。

疲労試験中にき裂が発生し、試験片の共振周波数が変化する直前に表面温度が急激に増加する現象を観測した。この温度上昇現象のメカニズムを知るために、サーモグラフィを用いた試験片表面の温度分布を計測した結果、温度上昇はき裂先端周囲の局所的な領域で生じ、最高温度点がき裂の進展と共に移動することを確認した。さらにLS-DYNAにより非線形構造解析を実施し、要素のひずみエネルギーと摩擦エネルギーから温度上昇を導出した結果、き裂の摩擦による温度上昇よりもき裂先端の塑性変形による温度上昇が支配的であることを明らかにした。疲労損傷の蓄積による微小き裂の発生、伝ぱと、温度上昇との相関に着目した温度分布の計測について、非破壊損傷診断技術としての適用を今後検討していく。

金研三軸型中性子分光器 AKANE の現状と、 JRR-3 再稼働に向けての取り組み Current status of the Advanced KINKEN Triple-Axis Neutron Spectrometer AKANE

池田陽一¹、南部雄亮¹、鈴木謙介¹、藤田全基¹、大河原学¹
¹ 東北大金研

原研 2 号炉時代から稼働してきた東北大学金属材料研究所(東北大金研)・単結晶中性子(二軸)回折計 KSD (KINKEN Single Crystal Diffractometer)は、老朽化のため 2005 年頃に大幅改修され、三軸型中性子分光器 AKAEN (Advanced KINKEN Triple-Axis Neutron Spectrometer)へと改造された。これにより、エネルギー分析機構が備わり、物質中の素励起を直接観測することが可能となっている[1]。AKANE の特徴は、熱中性子ガイド管 T1 の第二ビーム孔から得られる高性能中性子ビームを、PG 結晶よりもモザイク幅の小さい Ge 結晶モノクロメータ($\eta \sim 15'$)により単色化して、高い分解能で、弾性、及び、非弾性中性子散乱実験を行える点にある[2]。また、Ge(311)反射で単色化した場合、(622)反射が禁制の為、原理的に高調波の混入がなく、フィルターを使わずに、任意の入射エネルギーの中性子線を取り出すことが可能である。現在は、下流への影響を考慮して、入射エネルギーを $E_i \sim 20\text{meV}$ ($k_i \sim 3.14 \text{ \AA}^{-1}$)に固定して使用している。この時の特徴的なエネルギー分解能は、 $\hbar\omega < \sim 5 \text{ meV}$ では $1 \sim 2 \text{ meV}$ 、 $\hbar\omega > 5 \text{ meV}$ では 1meV 以下となっている[2]。

われわれのグループでは、平成 30 年春に見込まれている JRR-3 の再稼働に向けて、東大物性研等と協調して、昨年 12 月頃から、本格的に東北大金研管理装置の保守点検を推し進めている。発表では、これまでの取り組みや、現在の分光器の状態について報告する。また、AKANE と他の三軸分光器の特徴を比較しながら、再稼働後の AKANE の位置づけや効果的な運用方法について議論する。

[1] H. Hiraka et al., Activity Report on Neutron Scattering Research, NSL-ISSP University of Tokyo, 12, 14 (2005); H. Hiraka et al., poster presentation in the International Conference on Magnetism, Kyoto, 2006.

[2] 平賀晴弘ら, 日本中性子科学会誌 波紋 16, 214 (2006).

大強度利用へ向けた MLF 実験ホールにおける 管理区域区分変更

Change of radiation control area classification at the MLF experimental halls toward high power application

原田 正英¹、川上 一弘¹、相澤 一也¹、曾山 和彦¹、
佐藤 浩一²、増山 康一²、春日井 好己²

¹物質生命科学ディビジョン、²安全ディビジョン J-PARC センター、JAEA

J-PARC の物質・生命科学実験施設では、2008 年度から運転を開始し、2015 年度には、500kW 共用運転を実施するまでに至った。1MW 共用運転が視野に入ってきたため、大強度の中性子照射による試料の高度の放射化や不純物や付着物による放射能汚染など、放射線安全の観点から取扱いに関する管理の強化が必要となった。また、気体状や液体状の試料の使用や試料周辺雰囲気としての特殊ガスの使用においても、その使用制限を緩やかにして、より良い実験環境を提供するとともに、それらを利用する実験を促進することも重要となってきた。これらを踏まえ、利用者の安全性を確保しつつ、利便性を考慮した検討・準備を進め、2016 年 11 月より、MLF 実験ホールを第2種管理区域から第1種管理区域表面汚染低減区域に区分を変更した。表面汚染低減区域では、基準以下の表面汚染状態に管理することで、防護衣の着用を省略できる。区分の変更にあたり、入退設備の整備、各 BL への線量率計・表面汚染計の整備、入退域方法の変更、専用 RI 靴への履き替え、廃棄物の管理方法の変更、搬出物品に対する汚染検査の適用などを実施した。なお、夏期メンテナンス期間には、第2種管理区域へ区分変更を行うことを予定している。

当日ポスターでは整備や変更の状態を報告するとともに、現在の運用方法について報告する。

MLF 機器安全チームの活動 Activities of MLF Equipment Safety Team

坂口佳史¹、神原理²、久保直也²、平松英之¹、大内啓一¹、河村成肇³、
藤森寛³、幸田章宏³、奥隆之²、桐山幸治¹、鈴木沙弥香¹、山口恭弘¹、
鈴谷賢太郎²、相澤一也²、曾山和彦²・1 CROSS、2 JAEA、3 KEK

J-PARC 物質・生命科学実験施設(MLF)では国内外の様々な研究者、開発者が訪れ、日々、中性子、ミュオンを用いたビーム実験を行っている。世界最先端の成果創出を目指すユーザーの行う研究内容は多岐にわたっており、そのため、独自の試料環境機器や検出器システムを持ち込んでの実験が計画されることは多い。一方で、施設の安全管理運営は、安定したビーム運転の前提条件となるものであり、このため、こうしたユーザー持ち込み機器に対する安全の確認も、施設側には求められている。このような背景の中、2013年12月にMLF 機器安全チームは発足し、現在、主にユーザー持ち込み機器の安全審査を中心とした活動を行っている。途中ビーム停止期間があったものの、平均すると1年あたり80件程度の安全審査を行ってきた。電気保安上の修正のお願いや、火気や爆発等のリスクを未然に防ぐといった視点で追加の措置をお願いすること等があるが、ユーザーのご協力のもと、これまで円滑な安全審査が進められている。これもユーザーの皆様のご理解の賜であり、この場をもって感謝申し上げたい。

安全審査以外にも、実験を安全にかつ成功裡に遂行させるため、機器持ち込みの計画の段階からの相談にも応じている。また、一度安全審査を受けてパスしたのものについては、有効期限を設けて、次回持込時には安全審査が免除されるようにする等、無理・無駄を省くためのシステム作りも並行して進めている。この数年で、持ち込み申請から安全審査、報告書の作成にいたるまでの一連の流れと書類管理体制が確立してきたが、今後、これをもとにしたより円滑な運用を目指して、MLF 計算環境グループの多大なる協力を得て、機器管理シールを使った機器管理システムの運用を準備している。さらには、ユーザーが疑問に感じる安全審査の指針や鍵となる点について、これをまとめたウェブサイトの作成を行っている。

(<https://j-parc.jp/researcher/MatLife/ja/us/kikianzen/equipment.html>)

最近、更新を行い、その内容を充実させたので、機器持ち込みがある場合は、これを参照し、実験準備にご活用いただきたい。

当日のポスター発表では、このようなMLF 機器安全チームの活動を報告し、その内容をMLFユーザー、他の施設関係者に知っていただく機会としたい。これを通じて、今後ともMLFを安全に世界最先端の成果を創出できる施設としていくための、忌憚のない意見交換ができればと考える。

東北大学金属材料研究所 中性子物質材料研究センター の活動

Activity of Center of Neutron Science for Advanced Materials, IMR, Tohoku University

藤田全基¹、青木大¹、淡路智¹、折茂慎一¹、南部雄亮¹

¹ 東北大学金属材料研究所

東北大学は、KEKとの関係によりJ-PARC/MLFに、最新鋭の偏極度解析中性子分光器POLANOの建設を進めている。また、日本原子力研究機構の研究用原子炉JRR-3に3台の中性子散乱装置を設置し、全国共同利用の枠組みの下に管理・運営を行っている。これらインフラ面での強みを最大限に活かし、材料研究での先端的中性子利用を推進するため、金属材料研究所の中性子物質材料研究センター(金研中性子センター)では、現在、中性子プラットフォームの構築に向けた取り組みを行っている。さらに、このプラットフォームをもとにユーザー同士をつなぎ、そこから新しい研究コミュニティを創出することを目指して、学内外の研究グループ、および、大型施設との関係も進めている。一方、本センターは大学に属するセンターとして、中性子科学を軸とする若手教育と人材輩出に対する支援も進めている。金研中性子センターのこれら取り組みと今後の活動について、量子ビームサイエンスフェスタで紹介する。