

JRR-3 における装置高度化

物性研究所 附属中性子科学研究施設
浅見俊夫 川名大地 川村義久 ○杉浦良介
sugiura-r@issp.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

中性子科学研究施設では、茨城県東海村にある日本原子力研究開発機構が保有する研究用原子炉 JRR-3 から供給される中性子線を利用し、中性子散乱法を用いた各種実験装置を全国共同利用に供している。また、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) と共同で J-PARC/MLF (物質・生命科学実験施設) 内の BL12 に高分解能チョッパ一分光器の建設運営を進めている。

平成 25 年度は JRR-3 の稼働を行わない可能性が非常に高い。我々は、その停止期間に様々な分光器、アクセサリ (冷凍機などの付属設備) の高度化を行った。今回の報告は特に大きく更新した案件について行う。

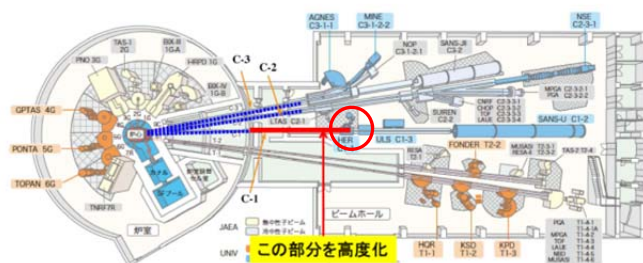


図 1 : JRR-3 配置図と高度化箇所

2. C1 ライン中性子導管スーパーミラー化

JRR-3 では、水平実験孔 8T、9C から中性子導管を用いて中性子をガイドホールへ輸送し、20 余りの実験装置へ中性子を提供することで多様な研究が行われている。その中で、9C から分岐した C1 冷中性子導管には物性研所有の装置郡が設置されている。より多い共同利用研究者の受け入れによる全国共同利用の更なる促進を図るために、C1 冷中性子導管の中性子輸送効率を高め、中性子ビーム実験装置に入射する中性子ビームの強度を増大する必要がある。

C1 冷中性子導管は、水平実験孔 9C から分岐された冷中性子ビームを中性子ビーム実験装置に効率よく輸送するために設置されている。中性子導管は、全長 850mm の直方体状の中性子鏡管ユニット (中性子ビーム断面積縦 120mm × 横 20mm) を高精度に接続することで形成されているが、中性子源に近い側 (上流) は中性子導管が曲率半径 834.3m の円弧を描くように 20 体並べられている (曲導管部)。曲導管部下流では中性子鏡管ユニットが直線に 13 体設置されている (直導管部)。

既設の C1 中性子導管は Ni ミラーを使用した鏡管であり、冷中性子ビーム強度の増大と輸送効率向上のため Ni/Ti 多層膜スーパーミラーに置き換える。平成 23 年度に上流部 (炉室内) 13 本のスーパーミラー化を行って



写真 1 : C1 ライン (旧導管)



写真 2 : Ni/Ti 多層膜
スーパーミラー

いる。今回は、更新した13本の下流部20本についてスーパーミラー化を行い、更なる中性子輸送効率増強を図る。

中性子ビームを効率良く輸送するには、中性子臨界角（全反射する最小の入射角）が大きく、さらに中性子反射率の高い鏡管が好ましい。新導管は従来のNiミラーの3倍の臨界角（ $3 \times 1.73 \text{ mrad}/\text{\AA}$ ）を持ち、80%以上の反射率がある。

中性子導管は高い精度で設置する必要がある。

導管の据え付けは、ズレが無いように正確に設置しなければならない（鏡管間接合部ズレ： $\pm 0.05 \text{ mm}$ 以内、接合角： $\pm 15 \text{ 秒}$ （ $= 0.00417^\circ$ ）以内）。

非常に規格幅が小さく据付作業に苦労した。中性子取り出し口（入口）と実験装置（出口）は固定されており、設置する鏡管のみで規格内に収まる様に設置しなければならなかった。

まずは、既設鏡管を測定したが今回の測定方法（オートコリメータ法）では規格内に入らない鏡管間があった。原因は不明である（震災の影響？機器誤差？）。しかしながら、新鏡管の設置は中性子輸送効率を減少させないためには規格内に入れる必要がある。

次に、規格内に入る様に上流より新鏡管の設置を行ったが、最下流の鏡管と出口である実験装置に約15mmのズレが生じてしまった。JAEA担当者と協議した結果、上流部の曲導管部の角度を緩くしてやることにより補正を行うこととした。

補正を行うことによりほとんど中性子輸送効率を減少させることなく、新鏡管を設置することができた。



写真3：オートコリメータ法による接合角測定



ズレ測定

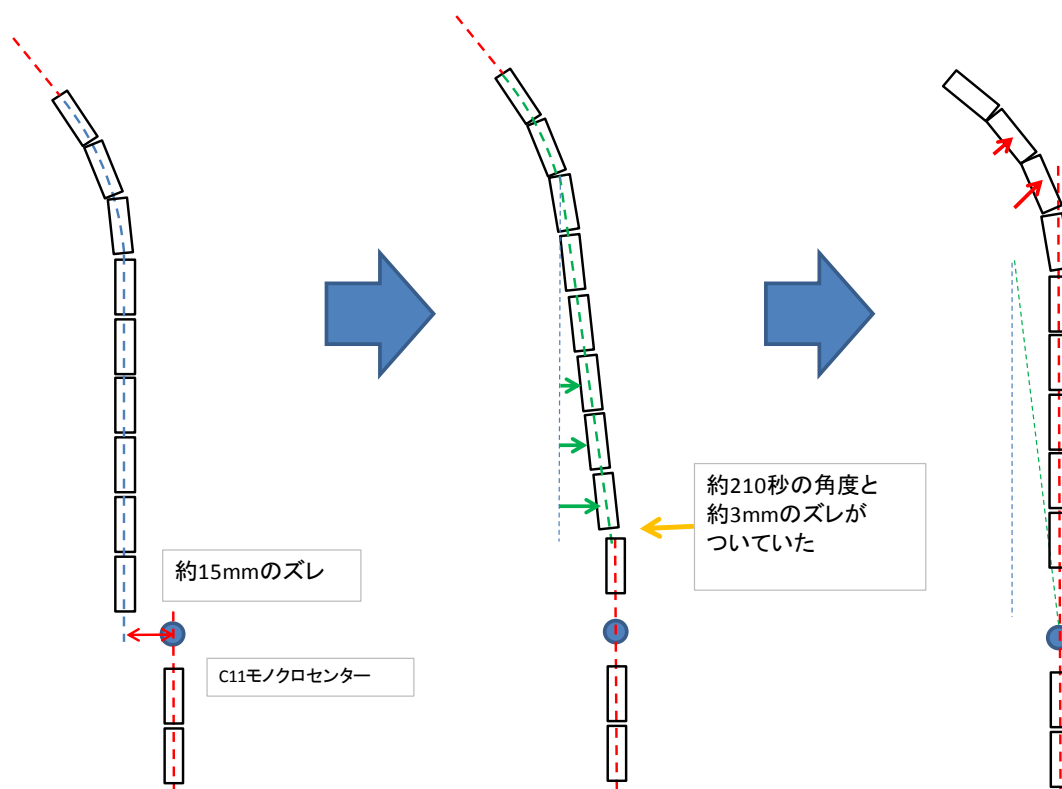


図2：鏡管間ズレ補正方法イメージ図

3. C1-1 遮蔽体非磁性化

上記の C1 ラインに設置されている実験装置 C1-1 は、主として波長 2.6 ~ 5.2 Å の中性子を用いて、物性の研究に供せられている。本施設では 14 テスラマグネットを導入し、高磁場環境を整えつつあるが、C1-1 モノクロメータ遮蔽体は鉄が含まれているため、強力マグネットを用いた実験が困難な状況である。この問題点を解決するためには、現行の遮蔽体をステンレス製のものに置き換え、非磁性化することが必要である。

置き換える遮蔽体は C1-1 モノクロメータ遮蔽体と、それに隣接する C1-2/NVS 遮蔽体、導管遮蔽体の 3 点である。C1-1 分光器は核燃料物質を使用しているので、遮蔽体の材料変更による遮蔽計算を行い、原子力規制庁へ変更許可申請を提出し、認可を受ける必要がある。

また、遮蔽体を更新するにあたり基礎部（土台）や装置付近の配管も更新または移動を行わなければならなかった。中性子線の遮蔽目的なので、遮蔽体は隙間が無いように複雑に組み合わさっているため、解体や組立を行うのみ苦労した。

2013 年 2~5 月：既設遮蔽体解体、採寸。

①C1-1 モノクロメータ遮蔽体（期間未定）

原子力規制庁変更申請、材料購入・加工（6.5 ヶ月）、搬入・据付（1.5 ヶ月）

②C1-2/NVS 遮蔽体

2013 年 6~8 月：材料購入、9~11 月：加工・工場検査、12 月：搬入・据付

③導管遮蔽体

2013 年 5 月：材料購入、6 月：加工、7 月：搬入・据付



写真 5 : C1-1 モノクロメータ遮蔽体（既存）



写真 6 : C1-2/NVS 遮蔽体

4. おわりに

スーパーミラーの据付作業は JFE テクノス株式会社、遮蔽体の製造は株式会社日立パワーソリューションズに行って頂きました。ここに感謝致します。

JRR-3 は平成 22 年 11 月の稼働停止以降、震災の影響があり未だに再稼働されていない状況です。同じ研究用中性子発生源である J-PARC/MLF は再稼働しましたが、JRR-3 と MLF の発生する中性子は違いがあり（JRR-3：定常中性子、MLF：パルス中性子）、まだ JRR-3 の果たす役割は大きいと考えております。

一刻も早い再稼働を望んでおります。



写真 7 : 新導管遮蔽体