

ISSP 柏賞を受賞して

中性子科学研究施設 助教 秋葉 宙

このたび、ISSP 柏賞という名誉ある賞をいただき大変光栄に思っております。また、今回の受賞にあたり、AGNES の大幅な高度化と共同利用支援への取り組みを評価いただけたことを大変嬉しく思っております。これまで私が研究活動や共同利用支援を継続できたのは、ひとえに山室研のスタッフ、中性子施設の技術職員、共同研究者の皆様の多大なご支援のおかげであり、心より感謝申し上げます。

AGNES は、山室研(現・古府研)が管理・運営する JRR-3 に設置された中性子分光器です。フェルミチョッパーによって生成されるパルス中性子を用い、高エネルギー分解能($\Delta E = 120 \mu\text{eV}$ または $50 \mu\text{eV}$)での中性子非弾性・準弾性散乱測定が可能です。AGNES は高温・高圧・ガス雰囲気・光照射といった特殊環境下での実験を得意としており、液体や高分子、固体中の水素やイオンの緩和運動、ガラスや分子磁性体における低エネルギー励起など多様な物性研究に貢献してきました。

AGNES では、これまでに数回にわたって大規模な高度化が行われてきました。私が実際に携わったのは、JRR-3 の東日本大震災による長期間停止期間中から再稼働後にかけて実施された高度化です。まず、中性子を原子炉から分光器まで導く中性子導管を、従来の Ni 単層膜ミラーから Ni/Ti 多層膜のスーパーミラーに置き換えました。さらに、モノクロメーターとチョッパーの間にあるコリメーターの内壁にもスーパーミラーを導入し、中性子の輸送効率を大幅に改善しました。これにより、標準モード($\Delta E = 120 \mu\text{eV}$)で約 8 倍、高分解能モード($\Delta E = 50 \mu\text{eV}$)で約 2.5 倍の中性子フラックスの増加を実現しました。また、試料環境機器として、300 K から 3 K まで約 2.5 時間で冷却し、最大 800 K まで昇温可能なクライオファーンを導入しました。これにより、広範囲かつ迅速な温度変化が可能となりました。さらに、新しい装置制御プログラムにより、これまで困難だった弾性散乱強度の連続温度スキャン測定も実現しました。これらの改良した AGNES を用いて、これまで試料量が少なすぎて測定が難しかった低温蒸着試料¹、有機溶媒中で極微量(1%以下)分散した水クラスター²、多数の試料と温度点が必要となる強靱ポリマー³の研究が行われ、重要な研究成果をあげることができました。

一方でこれまでに多くの苦労も経験しました。中性子強度の向上に伴い、装置周辺の漏洩中性子線およびγ線によ

るバックグラウンドが増加しました。測定データの向上や安全性を確保するために、ガイド管の上面・両側面に中性子吸収材である B_4C ゴムを設置したり、遮蔽体の内壁に追加の鉛板を取り付けるなどの遮蔽対策を行いました。これらはすべて手作業で行われました。全長 4 m の大きな装置であるため、想像以上の重労働でしたが、施設スタッフが一丸となって作業に取り組むことにより、バックグラウンドの大幅な低減を実現することができました。共同利用支援においては、ユーザーの研究目的や測定意図を短時間で理解し、最適な測定条件をユーザーに提案することは非常に難しい仕事であると日々感じています。共同利用支援には幅広い科学的知見、技術力、コミュニケーション力といった多面的な能力を要求されます。多様なユーザーやサイエンスに触れ、私自身が研究者として成長できる実感は、この厳しい職務を継続する上での大きなモチベーションとなっています。

今後も、AGNES のさらなる高度化に引き続き取り組んでいく所存です。今回のスーパーミラー化により、これまで使用していたエネルギーよりも高いエネルギーの中性子束は大幅に増加(たとえば、10 meV のエネルギーは約 20 倍増)することが期待されます。モノクロメーターの高調波を用いて、この高エネルギー中性子を有効活用することを検討しています。高エネルギー中性子の利用は、単純に散乱強度の向上だけでなく、低温での非弾性散乱や広い Q 領域での準弾性散乱の測定といった、これまでの AGNES では不可能だった測定を可能にします。また、測定の高効率化によって生まれたマシンタイムの余裕を活かし、強度は減るものの、より高分解能($\Delta E = 15 \mu\text{eV}$)測定が可能なモノクロメーターを導入し、観測可能な時間領域の拡張を目指します。また、AGNES の強みである特殊試料環境をさらに充実させたいとも考えています。装置の高度化に加え、さまざまな外場下での in-situ 測定の実現は研究分野の拡大につながると思います。今後も、共同利用装置の高度化とその活用を通じて、物性科学および中性子科学の発展に貢献できるよう努めてまいります。

1. H. Akiba et al., J. Phys. Soc. Jpn., 93, 091010 (2024).
2. K. Oka et al., J. Phys. Chem. Lett., 15, 267–271 (2024).
3. R. M. Elder et al., Soft Matter, 18, 6511–6516 (2022).