

## 中性子ビーム産業利用の汎用化・簡便化を可能にする 利用制度の高度化

(一財)放射線利用振興協会 参与 森井 幸生

### 1. 調査研究の目的

熱中性子ビームは X 線や放射光と同様に物質・材料の結晶構造や磁気構造の解明、含有元素の分析、透過 CT 画像撮影などを可能にするマイクロ探索子であり、物理、化学、高分子、生物、工学、材料などの広い研究分野において汎用的に使える。その中でも特に、中性子の軽元素に対する高い感受性を活かしたりチウムイオン電池材料、燃料電池材料、水素吸蔵材料等におけるナノ構造とマクロ物性との関連性の解明、磁気感受性を活かした高性能磁石の開発、高い金属透過性を活かした自動車エンジン内部のメカニクスとオイルの動画撮影による高性能エンジン開発、などにおいては中性子の特性が最大限に活かされるが、他の探索子では困難である。このような特性を活かした中性子の産業界利用が増加しており、利用時間全体の 1 割程度を占めるようになってきている。

しかし、先端研究を行うためには研究用原子炉 JRR-3 や大型加速器 J-PARC/MLF などの限られた施設を使う必要があり、加えて、毎年 2 回の課題公募制度の下では研究提案から実験実施まで最悪の場合 1 年近くかかる場合があり、産業界の研究開発スピードに適合しない部分が多い。その結果、産業界の研究者・技術者に日常的な利用の場を提供するには至っていない。

この不合理を解決し、産業界の研究者・技術者がダイナミックに中性子ビームを利用するための新しい中性子ビーム利用制度（随時利用課題公募制度と実験試料メールインサービス制度）と支援体制を調査研究する。その結果に基づいて、施設や産業利用者ではないいわば第三者である当調査研究担当者らが妥当と考える制度の仕組み、支援体制、利用料金等を纏める。この提案を施設側に提出し、その早期の実現を働きかける。

### 2. 産業界研究者等へのアンケート調査研究の実施

産業界の研究者・技術者がダイナミックに中性子ビームを利用するために必要と考える新しい中性子ビーム利用制度（随時利用課題公募制度と実験試料メールインサービス制度）と支援体制について、施設利用予定者（検討中含む）51 名（この 86%が企業所属）に面談してアンケート回答および関連意見を得た。この調査結果を基に研究を進めた結果は以下のとおりである。

#### 1) 随時利用課題公募制度に対して

本調査研究の結果から、9 割の回答者が J-PARC/MLF の全 BL に随時利用課題公募制度を適用することを望んでおり、特に、結晶構造解析・磁気構造解析、ナノ構造解析、界面・多層膜解析、液体・非晶質体近距離構造解析、透過像解析・材料微細構造解析・元素分布解析、残留応力解析が行える BL20-iMATERIA（先行実施中）、BL08-superHRPD、BL09-SPICA、BL15-大観、BL16-SOFIA、BL17-写楽、BL21-NOVA、BL22-RADEN、BL19-匠において早期

に開始し、長くて45日以内、できれば2~4週間程度の期間で実験ができるスピードが望ましいことが明らかになった。

## 2) 実験代行サービスやメールインサービス制度に対して

回答者の75%が必要と回答しており、実験データ取得のみを望む(27%)よりも、データ解析つきのサービスを希望(73%)している。結晶構造解析・磁気構造解、ナノ構造解析、界面・多層膜解析、液体・非晶質体の近距離構造解析、透過像解析・材料微細構造解析・元素分布解析、残留応力解析について希望が多かったため、J-PARC/MLFのBL20-iMATERIA(先行開始済)、BL08-superHRPD、BL09-SPICA、BL15-大観、BL16-SOFIA、BL17-写楽、BL21-NOVA、BL22-RADEN、BL19-匠における開始を望んでいる。事前にサービスの達成目標、解析レベル、解析方法の説明方法、納期、費用、実施者名等を明確化する必要がある。

## 3) 既に取得している実験データ(また将来取得する実験データ)についての有償高度解析支援に対して

回答者の62%が必要としている。この支援はどのBLにおいても発生する可能性があるため、対応する必要がある。

## 4) 現制度・支援体制に対する改善点やあるべき姿に関する意見

産業利用ビーム枠の設定、懇切丁寧な中性子ビーム利用情報やデータ解析手法の提供、課題申請システムの改善、お試し実験制度の導入、大学研究者を含めた産業利用支援体制の構築、施設へのアクセス方法や施設付帯環境の改善、非公開課題利用料金の現実的な適用、施設の定常的な運転の確立などに強い要望があった。

## 3. 国内外の中性子および放射光利用施設の共同利用制度に関する調査の実施

国内中性子利用施設(J-PARC/MLF, JRR-3)および放射光利用施設(SPring-8, あいちシンクロトロン光センター、立命館SRセンター、佐賀県九州シンクロトロン光研究センター)における定期課題公募、随時課題公募、実験代行、試料メールインサービス、などについて調査した。その概要は以下のとおりであるが、産業利用志向が極めて強い特徴があった。

J-PARC/MLFではBL20装置の随時利用によって迅速な利用サービスが例外的に可能であり、加えて、測定代行、メールインサービスも開始したが、他のBL装置では年2回の定期公募のみであり、課題申請から実行へのスピードに著しく欠ける状況にある。利用料金も高い。一方、JRR-3では年2回の公募が基本だが、成果非公開課題や商業利用は随時受付で迅速な利用サービスが可能で、利用料金も極めて安い。また、放射光施設SPring-8でも、年2回公募が基本で利用料金は高いが、随時利用で迅速な利用サービスが可能であり、限定した装置における測定代行でユーザー利便性を向上させている。さらに小規模な放射光施設であるあいちシンクロトロン光センター、立命館SRセンター、佐賀県立九州シンクロトロン光研究センターでは、産業利用志向、学術利用志向に拘わらず、最初から随時利用を主とするか、申請から利用までの期間を45~60日に設定して実質的に迅速な利用サービスを実現している。その上、あいちシンクロトロン光センターでは課題審査もなく一層のスピード感を持って運営されている。

一方、海外中性子利用施設（ISIS, SNS, ANSTO, HANARO, ILL）および放射光利用施設（PSI-SLS, ESRF）においては、課題審査が行われる成果公開・無償利用課題が圧倒的に多く、通常、課題審査が行われない成果非公開・有償利用課題は極めて少なく、料金も高いことが判った。一方、ILL でのイージーアクセス制度を除いて迅速な利用サービスや産業利用の割合等は公表されていないため、詳細は不明である。

#### 4. 試行的なメールインサービスの実施

企業が必要と考える実験代行サービスや試料メールインサービスを試行的に実施するために、車載用ラジエーターの筐体内部に 128 本配置されているステンレス細管の 3 次元透視図を得るための中性子ラジオグラフィ実験代行、および、原子炉燃料被覆管用ジルコニウム合金の熱処理過程におけるジルコニウム水素化物発生に伴う相構造変化とともに生じる結晶ひずみを解析するための中性子粉末構造解析測定代行を取り上げた。これらのサービスの実施から必要な作業の手順や量、費用等を確認し新しい利用制度の詳細設計に活用した。

#### 5. 中性子ビーム利用制度の仕組み、支援体制、利用料金等に関する纏め

前 3 項の調査研究結果に基づいて、施設でも産業界利用者でもないいわば第三者機関である一般財団法人放射線利用振興協会が妥当と考える中性子ビーム利用制度の仕組み、支援体制、利用料金等を纏めた。その骨子は以下のとおりである。

- 1) 回答者の 90%が望む随時利用課題公募制度を導入し、関係する BL で、長くて 45 日以内、できれば 2~4 週間程度の期間で実験ができるスピードある運営をして欲しい。
- 2) 回答者の 75%が望む実験代行サービスやメールインサービス制度を導入し、関係する BL で事前にサービスの達成目標、解析レベル、解析方法の説明方法、納期、費用、実施者名等を明確にした後、実施して欲しい。
- 3) 回答者の 62%が必要とする既得実験データ（また将来の実験データ）についての有償高度解析支援をして欲しい。
- 4) 利用制度・支援体制に関して、産業利用ビーム枠の設定、懇切丁寧な中性子ビーム利用情報やデータ解析手法の提供、課題申請システムの改善、お試し実験制度の導入、大学研究者を含めた産業利用支援体制の構築、施設へのアクセス方法や施設付帯環境の改善、非公開課題利用料金の現実的な適用、施設の定常的な運転の確立、を実現して欲しい。

#### 6. 調査結果の扱いおよび謝辞

これらの調査研究についての報告書を一般財団法人新技術振興渡辺記念会に提出する。なお、この調査研究で纏めた中性子ビーム利用制度の仕組み、支援体制、利用料金等については、報告書提出後に中性子ビーム利用施設側（特に改善が必要と考える J-PARC/MLF）に提出し、その早期の実現を働きかけることとしたい。

最後に、一般財団法人新技術振興渡辺記念会に対してこの科学技術助成支援を頂きましたことを心より感謝いたします。