

## BL01（4次元空間中性子探査装置）中間評価報告書

中性子実験装置部会・非弾性分科会

分科会長 吉沢 英樹（東京大学）

副会長 中島 健次（原子力機構）

分科会委員 大貫 悅睦（琉球大学）

分科会委員 辛 埼（東京大学）

分科会委員 村上 洋一（KEK）

分科会委員 佐藤 順（東北大学）

### § 1 はじめに

本中間評価報告書で取り上げる「4次元空間中性子探査装置」は、J-PARC/MLFの中性子ビームラインBL01に設置された大強度チョッパー型中性子非弾性散乱分光器である。本装置は、酸化物高温超伝導機構の解明を目指した科研費特別推進研究として平成17年度（2005年）から平成22年度（2010年）の6ヶ年にわたり採択された研究課題の一環としてJ-PARCの物質・生命科学実験施設（MLF）、BL01ビームポートに建設された。本装置は平成20年度（2008年）から稼働を開始し、平成23年度（2011年）には特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律（共用促進法）の適用を受けたいわゆる共用ビームラインとなり、今日に至っている。

本中間評価報告書は、平成20年度（2008年）の稼働から5ヶ年が経過したことを見て、「4次元空間中性子探査装置」の現状を総合的に評価する「中間評価委員会」の中性子実験装置部会・非弾性分科会による審議の結果を取り纏めたものである。

本装置の審査分科会では、事務局より提供された関連書類により事前評価を行い、分科会委員の意見をあらかじめ集約することで分科会委員内での意見の共有化を図った。その上で、平成25年11月27日に「4次元空間中性子探査装置」の担当者に対するヒアリング審査を伴う非弾性分科会を開催し、審議結果を取り纏めた。ヒアリング審査においては、事前に事務局より提案された6つの評価項目ごとに、個別に担当者からの報告と質疑応答を実施した。

本中間評価報告書では、上記の6項目に対応して、分科会の意見を要約し記述している。中性子実験装置部会・非弾性分科会は、本報告書の内容が今後の「4次元空間中性子探査装置」の運営に活かされ、世界をリードするチョッパー型中性子非弾性散乱装置として研究成果の創出がなされることを切に希望するものである。

### § 2 装置の建設・維持および技術開発などに関する事項

本装置は、科研費特別推進研究の支援を受けて平成17年度（2005年）から建設が開始され、ほぼ順調に稼働を開始し、装置の整備とユーザー実験を続けてきた。その後、共用促進法の適用を受けるビームラインとなり、BL01の設置目的に適った技術開発と運用がなされて、共同利用に供されている。いくつかの先送りされている技術開発はあるものの、現状での技術開発状況は十分に満足のいくものであると判断できる。特に本装置はコンパクトなT0チョッパー、多重入射中性子エネルギー測定法など多くの新規技術を成功させて、J-PARCで用いられている最新機器、最新手法の発信源になっており、それらの技術について複数の賞を受賞している。また、世界の同類の施設とのノウハウの交流等もあり、効率よく技術開発を進めるための関係者の努力が認められる。本分科会の審議においても、本装置の建設と維持の状況については、総合的に高く評価された。

### § 3 当初計画に対する装置性能の達成度（世界の類似装置を含めた位置づけを含む）

ほぼ当初設計どおりの性能を発揮している。現状では、米国SNS、英国ISISの非弾性散乱装置と互角の装置になっていると思われ、装置性能としては世界の類似装置に勝るとも劣らないレベルに達したと判断する。しかし、チョッパーの運転の不具合等、個別的な分光器の構成要素に関していくつかの技術的問題点が残されており、早期に解決されることが重要である。それらの改善の進展と、平行して進められる

J-PARCのビームパワー増強により、世界トップの性能を有する装置となる可能性が高い。世界で一流の装置になるとともに、今後、多くの学問的な成果が創出されることに、大きく期待する。

なお、中性子検出器に用いられる  $^3\text{He}$  ガスの価格高騰の為、やむを得ないが、既設の検出器によりカバーされる散乱角の範囲が、当初計画に到達していないことはサイエンスを制限する結果となっており、本分科会はこの状況を憂慮する。また、偏極解析の開発に関しては、BL23 に偏極解析中心の装置が建設されており、BL01 における偏極解析の重要度は大きく変化している。MLF 全体を総合的に見据えた上で、BL01 としての偏極オプションの整備計画を進めることができることを望ましい。非弾性分科会のヒアリングにおいては、担当者より多数の積極的な技術開発の選択肢が説明されたが、研究成果の創成とのバランスを取るため、適切な開発計画の立案が望まれる。

#### § 4 利用者支援に関する事項

CROSSの発足に伴い、研究者4人体制で利用者支援を行っており、日本においては他に類を見ない手厚い支援体制が構築されている。このことは非常に高く評価する。ただし、研究支援は、実験前の準備、実験中の技術的支援、実験後のデータの授受や解析支援が総合されてはじめて研究成果の創出に結実するものである。今後、後方支援の重要さが増加していくはずであり、解析支援の充実が急務であると判断される。

試料環境に関しては、より充実する差し迫った必要が認められる。またソフトウェア、データ解析・受け渡し等に問題が残る。しかし、これらの問題は、一ビームラインで解決すべき（あるいは、できる）問題ではない。

#### § 5 得られた成果に関する事項

本装置の建設目的に設定された高温超伝導銅酸化物の研究はもとより、我が国発の鉄系超伝導体の研究、強相関電子系全般に渡る多岐にわたる研究が実施されてきており、データが集積され始めている。建設完了後、加速器の出力が低い時期があったこと、東日本大震災のために1年間は利用運転が停止されていたこと、未だJ-PARCの出力が300kWに留まっていること等を考慮すれば、十分な成果を出していると言える。中間評価時点での研究成果としては十分であると判断する。

ただし、非常に科学的価値の高い研究成果は、まだ創出されていないように思われる。いわゆるハイプロファイルジャーナルへの出版が少ない。(ハイプロファイルジャーナルに出れば良いという訳ではないことを承知の上の評価であるが) 今後、装置が更に高強度化されればハイプロファイルジャーナルへの出版数が増加するのか、それとも、強度増加に加えてなにか別の要素（例えば極めて特殊な試料環境や新物質系にチャレンジするシステム作り等、直接分光器に関係のない点への運営方針や運営体制の変更）が必要なのかを、装置グループは十分に議論し検討すべきである。

また、タイミング良くこの時期に、鉄系超伝導体の発見に遭遇したので、装置の開発が間に合っていれば、この分野での重要な活躍がもっとあったかと思われる。J-PARCの装置建設がもう少し早期に完了していればと思うと残念であるという委員からのコメントがあったことを付記する。

#### § 6 今後の装置運営・管理・高度化および学術研究テーマに関する事項

予算や装置開発はスピードが大切である。予算等を柔軟に集中配分することにより、本装置で世界で最初の実験が行えるような運営／高度化が行われるべきである。また、強相関電子系の重要な構成要素である  $f$  電子系の希土類化合物の研究においては、4.2 K よりさらに低温で測定することが必要であり、また磁場を印加するなどの試料環境も研究競争力を構成する重要な要因であり、BL01 の試料環境設備を充実させる事が必須である。強相関電子系の研究分野では、 $d$  電子系化合物に片寄りすぎない調和の取れた研究が行われていくことが望ましい。

装置グループの提案する今後の技術的改良案は極めて妥当である。示された技術的な将来計画は、この装置の状況を適切に把握し、競合する他装置、他測定手段の中で、この装置の立ち位置をよく理解した上で、装置のデータの質を高める努力を地道に行おうという冷静で合理的なもので評価できる。ただし、非弾性散乱分光器の高度化に必要とされる計画は漏れなく含まれているが、全体に高度化計画としては、アイディアが地道すぎるような印象を受けた。また、ダブルチョッパーに関しては、唐突で違和感を覚えた。

パルスステールのカットやバックグラウンドの低減に結びつくものであるというのなら理解できるが、高分解能を目指すダブルチョッパーであるのであれば、この装置の特長、この装置のデマンドに沿ったものか、疑問の余地がある。この装置の特長と立ち位置を活かして性能を格段に向上させるような野心的な計画が示されてもよかったですとの印象が残った。

装置グループの運用に関しては、この装置が共用のビームラインであり学術研究に割くマシンタイムを装置グループ自身が持たず、この部分について装置グループで取り組める自由度は大きくなきことを考えると、装置グループが十分にビームタイムを使用できるシステム作りを進めて欲しいと考える。装置グループ（特に経験の浅い若手）が十分にビームを使用することで自らを訓練することが、最終的に良いサポートにつながると考えるからである。その意味で、現行の制度上、JAEA と CROSS のビームタイムが、それぞれ 25% と 15% ずつ割り当てられており、その枠内でプロジェクト研究が提案され審査を受けて実施されている事は非常に重要である。しかし、プロジェクト研究は、必ずしも装置グループ員が主体的に自身の研究を進めることができるものと想定される制度となっていないようである。従って、当初の研究計画の残りの研究をどのように実施していくのか、慎重に検討されるべきであるとともに、必ずしも当初の研究計画にとらわれることなく、本装置として目指す研究テーマの実施を、具体的にどの程度のマシンタイムを確保して、どのように進めるか、プロジェクト研究との整合性を見据えつつ、今後の研究計画を検討すべきである。繰り返しになるが、装置グループのコアメンバーについては、最新の中性子研究についての知見、経験を定期的に蓄積し本装置を用いた研究にフィードバックさせるため、ユーザー支援だけでなく、本装置でコアメンバー自身の研究活動を十分に実施できる体制の構築が急務である。

## § 7 その他

中間評価非弾性分科会では、本装置の今後の高度化案について詳しい発表がなされたが、分科会で示された高度化計画を実施するだけで、数年間のフルタイムの事業であると判断される。J-PARC の中で他の非弾性散乱装置との相補性を考えた将来計画を立案し、無理のない実施計画の元で、研究成果の創出とのバランスを取りつつ、着実に進めて行くことが望まれる。また、分科会は、広く学識経験者から構成されており、必ずしも中性子の専門家ではないので、例えば、世界にはどのようなパルス中性子源施設や非弾性散乱分光器があるか比較した資料や、何が中性子分野での問題点かわかりやすく纏めた資料など（冊子、パンフレットなど）も提供されれば、より評価が行いやすいものとなっていたと思われる。

## § 8 総評

中間評価として、BL01（4 次元空間中性子探査装置）は、今後も着実に研究に共用され、適切な高度化が行われていくべきであると判断する。分科会で報告された、本装置のこれまでの建設、維持、開発、利用成果の状況からは、本装置が適切なリーダーシップの元、極めて計画的／合理的に運営されてきている。高度化計画と研究成果の創成については、全く問題が感じられないわけではないが、J-PARC の出力の上昇と共に、さらに大きな成果を上げていくのではないかと期待する。

以上