

SPring-8 BL35XU 評価報告書

SPring-8 BL35XU 評価委員会
2005 年 11 月 7 日－8 日

SPring-8 BL35XU 評価報告

委員長 新井 正敏 (日本原子力研究開発機構)
十倉 好紀 (東京大学大学院)
松原 英一郎 (京都大学大学院)
若林 信義 (慶応義塾大学)
Giancarlo Ruocco
(Universita' di Roma "La Sapienza")
John M. Tranquada
(Brookhaven National Laboratory)

1. はじめに

本評価委員会は平成 17 年 11 月 7 日、8 日の 2 日間、SPring-8 で開催された。本委員会には予め、Beamline Report BL35XU (High Resolution Inelastic Scattering) と SPring-8 Overview 2005 の資料が送付され、委員から事前に個別意見書が提出された。委員会当日には、4 名の国内委員が出席した。施設側からの評価についての概要説明、SPring-8 の全体説明の後、ビームラインの視察を行った。引き続き、ビームライン担当者から装置の概要・研究成果・将来計画の詳細な説明を受け、質疑・応答、意見交換を行った。以下の評価報告書は、国内委員による審議と Ruocco 氏と、Tranquada 氏からの意見書に基づき取りまとめたものである。

2. ビームライン及び実験装置の技術的状況

BL35XU は入射 X 線 (約 20keV) エネルギーの 10^{-7} の分解能を達成することで、これまで、中性子散乱でのみ可能であった meV のエネルギー分解能を実現し、広く物質のダイナミクスの研究を行うことのできる X 線非弾性散乱実験装置である。中性子散乱では動力学的拘束により小 Q 領域 (1.0 \AA^{-1} 以下) での有限エネルギー領域の観測が極めて困難であるが、本装置はそのような拘束がないために、ことに液体やガラス等の $Q=1.0 \text{ \AA}^{-1}$ 付近以下でしか現れない音響モードの観測を可能にするものである。また、その高いビーム集光特性をいかして、微小の単結晶しか利用できない新物質の研究も可能にするものである。これらの研究分野は、たとえ大強度陽子加速器施設 (J-PARC) 等の第 3 世代中性子源が完成した暁においても中性子散乱では非常に困難な研究分野であり、本装置の特性がいかに発揮される。

世界的に見ても数少ない X 線非弾性散乱実験装置である本装置は、2001 年の稼動以来技術的な課題を克服して現在世界最高性能を実現するに至っている。目標分解能を実現するためにとられた背面反射による単色化機構は、構造上の簡便さと SPring-8 実験施設の空間的優位性を生かした最適な選択であったと言える。また、精巧なアナライザー結晶の製作遂行が本装置の最も重要な性能をもたらすこととなった。さらに、ESRF 等では散乱面にしかないアナライザーを本装置では鉛直方向に 3 段重ねることで、同種の装置の中でもユニークな性能

を持たせている。そして、このような多段のアナライザーからの散乱 X 線を十分な精度で観測できる検出器開発により、装置全体として、目標性能の達成に到ったとあってよく、非常に高く評価する。また、各分野におけるトップクラスの日本企業との連携で成し遂げたアナライザー結晶開発や検出器開発は特筆に価する。

3. 研究活動

中性子散乱の動力的拘束から観測が非常に困難である液体や、ガラスの小 Q 領域の測定は本装置が行うべき課題である。この分野は、まだわが国の研究者は十分な経験を有しているとは言いがたいが、その中でも典型的物質についての研究が進んでいることは評価すべき点である。一方、欧州においてはこの分野は経験の豊富な研究者層を擁しており、それは本装置を用いた外国人研究者の研究成果に反映されているが、今後、わが国の研究者の一層の研究活動が望まれる。

また、微小単結晶のみが作製可能であるような物質、特に新規超伝導体のフォノンの研究がなされており、装置の特性を十分に活かした成果である。さらに、酸化物高温超伝導体で現在問題となっているフォノン・モードの研究において、中性子散乱ではなかなか困難である微小な非双晶試料の測定に応用し、非常に有用な結果を得ており、総じて高く評価できるものである。

成果としての論文数は、他のビームラインに比べると少ないが、これは、非弾性散乱実験の特質によるものであり、多くが著名な学術誌に掲載されていることからわかるとおり、質の高い成果を得ていると言ってよい。

これまで、非弾性散乱実験は中性子散乱の独壇場であったが、第3世代高輝度放射光の建設で、X 線が新天地に切り込んだ研究分野である。互いに相補的な知見をもたらすという意味で、本装置の存在意義は非常に大きなものがある。

4. 共同利用支援体制

実験装置が非常に特殊であり、また、同種の装置についての十分な経験を持つ利用者が国内には数少ないため、装置スタッフの支援が非常に重要なものとなっている。ユーザーアンケートの結果にも反映されているとおり、スタッフによる支援体制は高く評価される。また、データ集積、データ解析のソフトウェアはあるレベルまでは備わっている。

実験の性格上、測定に時間がかかり、一課題のシフト数がおのずと長くなり、年間の採択課題数が限られることはやむをえない。今後は、各課題のデータの質を向上させ、重要な研究成果を世に送り出す時期に来ているともいえる。したがって、今後の採択方針としては、真に重要な課題の選択が要求されると同時に、採択有効期間についても弾力的な運営が必要である。

特殊な装置であるがゆえに同装置の共同利用の初期においては、装置スタッフの支援が欠かせなかったといえる。しかしながら、装置稼動より4年を迎えるこの時期においては、装置利用方法も確立していると思われるので、利用者が独自で実験できるような詳細なマニュアル等の整備を行う時期に来ている。今後、装置スタッフは、利用支援のみならず、新たなサイエンスの創出や、本

装置の特徴を活かした研究課題の発掘や新しい解析手法の開発など、新発想に基づく研究を進めることがより重要である。

5. 将来の装置開発と研究の方向性

現在の BL35XU は所期の目標性能を十分達成しているといつてよい。水晶結晶アナライザやモノクロメータへの適用によって、これまでにない高性能化が実現できると予想されるのでその開発研究を進めるべきであろう。その際、ESRF や APS との国際協力も視野に入れるべきであろう。試料の位置決め精度が重要であり、Motorized Cryostat Carrier の導入が緊急に必要である。また、KB ミラー利用によるマイクロビーム化は、今後の IXS の応用をいっそう広げるものとして重要である。

観測値を実験に先立って予測するためのシミュレーションソフトや、実験データのリアルタイムでの解析ソフトの開発は重要な問題であることは間違いがないが、理論家集団がインハウスにない現状では、専任のスタッフを持つよりは、外部研究者との強い連携によって発展的に解決すべきものであると考える。

今後の研究の方向性としては、他の手段では到達できない小 Q・有限エネルギー領域のダイナミクス観測、微小単結晶からのフォノン測定、極限環境下での非弾性散乱研究は本装置が引き続き進めるべき研究分野である。

さらに中長期的展望としては、フォノン顕微鏡や電子励起分散の検出等の新たなサイエンスを視野に入れて、long undulator-IXS ビームラインを新たに建設することを検討すべきである。

しかしながら、世界最高水準の優れた性能をもつ本装置を使って、世界最高水準の優れた研究成果を更にあげることができるよう、新規ユーザー獲得のための努力を行う必要がある。このために、装置性能の広報や研究成果の発信を行なう一方で、ワークショップの開催により進めるべきサイエンスの方向性を議論し、外部の研究者との一層の連携を図ることが重要である。

BL35XU は SPring-8 のスタッフによって装置維持管理がきめ細かく行われてきた。今後この性能を維持していくために、この分野での若手研究者の育成に努めるべきである。

6. まとめ

BL35XU は X 線非弾性散乱装置として、世界最高性能を達成しており、非常に高く評価されるべき装置である。稼動以来のこの4年間に、世界的レベルの成果を創出しつつあり、研究活動も順調に進捗している。今後適当な成果発信により、格段の利用者増が期待できる。このような時期に、現装置のいっそうの性能向上、あるいは、次世代 IXS ビームラインの必要性について議論を始めることはぜひとも行うべきである。その際、現 BL35XU を立ち上げた時と同様、既成概念にとらわれない新しい発想に立脚したユニークな世界最高性能の装置の検討と、その装置を使って可能となる新たなサイエンスの発掘を行うことを期待したい。