

SPring-8 BL40XU 評価報告書

SPring-8 BL40XU 評価委員会
2005 年 12 月 8 日－9 日

SPring-8 BL40XU 評価報告

委員長 猪子 洋二 (大阪大学)
飯田 厚夫 (高エネルギー加速器研究機構)
片岡 幹雄 (奈良先端科学技術大学院大学)
橋本 竹治 (日本原子力研究開発機構)
Michel Koch
(European Molecular Biology Laboratory)

1. はじめに

本評価委員会は平成 17 年 12 月 8 日、9 日の 2 日間、SPring-8 で開催された。本委員会には予め、Beamline Report BL40XU (High Flux) と SPring-8 Overview 2005 の資料が送付され、全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 Koch 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

BL40XU (High Flux) はヘリカルアンジュレーター空間エネルギー分布の特性を巧みに利用して超高フラックスを生み出すビームラインである。現在、8keV-15keV のエネルギー領域で 2% のバンド幅に 10^{15} photons/s の超高フラックスを持つ準単色 X 線ビームが実現している。過去 5 年、多目的共用ビームラインとして様々な先端的研究が展開され、必要な利用技術開発に成功している。BL40XU はデザインのユニークさ、フラックスの高さで第 3 世代放射光施設の同種ビームラインの中で最高レベルの性能を有すると評価できる。この性格により、さまざまな研究分野で回折・散乱、分光、イメージングなど多様な用途に用いられている。この多目的性もこのビームラインの特徴として挙げられる。

- (1) 光学系：光学系は単純な縦横独立集光ミラー (KB 配置) のみであり、BL40XU のコンセプトをそのまま生かした構成になっている。この条件でビームラインの光学系で特に問題になるような点は見当たらない。ゾーンプレートの実験でミラーの面精度の指摘がなされているので、将来的には検討する必要があるかも知れない。多様なビーム加工のためのスリット系、時間分解測定のための高速回転シャッター、マイクロビーム成形のためのピンホールスリットが常設・常備されており、多目的性が確保されている。
- (2) 測定系：高フラックスビームにより、高時間分解能の時分割測定が期待され、またマイクロビームによる微小領域回折が期待される。これらの目的のために、検出器としてイメージインテンシファイアー CCD 検出器

が常備されている。高フラックスを利用した時間分解測定では、高時間分解能の検出器が必要となる。プリズムを利用した3チップCCDは、高時間分解能を実現するためのユニークなX線カメラである。

3. 研究活動

高フラックスというビームラインの特徴を活かした優れた研究が行われている。建設期を過ぎたころから論文数は順調に増えているが、数的には決して多くはない。ビームラインの成果を評価するには今後さらに2,3年の経過を見る必要がある。

- (1) 時間分解測定：紫膜の6マイクロ秒分解能時分割測定は、X線パルス回転シャッターとガルバノシャッターにより選び出し、シャッターの開閉とNd-YAGレーザーによる刺激とをdelayを通して同期させることにより、光刺激後マイクロ秒からの回折像測定を可能にしたものである。通常の高時間分解能測定では、3チップCCDあるいはピクセルサイズの縮小により、筋構造研究においてセミ・マイクロ秒(0.5ms)の高分解測定に成功している。そのほか、生きたままの心臓からの実時間回折像観測など意欲的な試みがなされている。
- (2) マイクロビーム回折：マイクロビームを用いて、微小領域の散乱回折実験が可能になった。このために、特に生物試料について、挑戦的な課題が進行中である。髪や皮膚などの微小領域からの散乱回折は、産業利用としても高く評価できる。
- (3) 分光：波長分散型放射光蛍光X線分析(WDX)を一般分析および全反射分析(TXRF)に応用し、極めてよい検出下限が得られた。TXRFへのWDXの応用は、別の企業グループもチャレンジしており非常に良い検出下限を得ている。本ハイフラックスビームラインを使うことによりWDXの高感度化や状態分析への応用が世界で始めて可能になった。
- (4) その他：フレネルレンズを用いたX線顕微鏡、X線CTなどイメージングへの応用の試みも行われており、このビームラインの潜在能力の高さを示唆している。

4. 共同利用支援体制

- (1) 支援体制：ビームラインをサポートする内部スタッフは4名おり、アクティビティは高い。高フラックスビームを使いこなすにはユーザー側にも相当の技量が必要とされるだけに、ユーザーへのスタッフの支援業務は過負担となっていると推測される。また、スタッフは4名中3名が構造生物学の研究者であるが、このビームラインのカバーする研究分野は広く、専門を異にするスタッフの参画も望まれる。十分なサイエンティフィックワークを行うためにはスタッフ数は不足していると言わざるを得ない。このビームラインの利用は試料回りを含めて開発要素が大きく、user friendlyさを要求することはかならずしも妥当ではない。
- (2) 課題選択および割当シフト数の適正度：課題採択率は~80%であり、これは他のビームラインと較べても標準的な水準にあり、適正な競争原理も働

いていると理解できる。1 課題当たりの平均シフト数充足率は 80%前後を保っている。研究分野別のシフト数占有率では、時間分解測定が 50%超を占めるが、建設の主目的研究分野の 1 つとして多くの技術開発要素も含んでいたこと、その結果として時間分解測定実験が実施しやすくなったことが高占有率の理由と判断できる。

5. 将来の装置開発と研究の方向性

- (1) 現在のビームライン・光学系の性能に問題はないので、これを維持していくことは最低限必要であり、今後の高度利用のために更なる開発を期待したい。
- (2) 将来に於いても高時間分解能測定法とマイクロビーム回折法を用いた研究が 2 本柱となろう。これらは基礎科学のみならず産業利用分野にも大きく寄与すると思われる。WDX は、今後どのような応用を展開できるかが注目される。その他、提示されている XIFS、動的 1 分子測定は、いずれも BL40XU のビームがもたらす高時間分解能測定、擬似単色性、高密度フラックスを生かした適切な研究テーマである。
- (3) CREST プロジェクト課題「反応現象の X 線ピンポイント構造計測」は的を絞った研究の展開と位置づけられる。本ビームラインの特徴を生かした微小領域・高時間分解能の実験が成果をあげることが期待される。

6. まとめ

BL40XU は高フラックスビームラインとして光学系、利用実験装置の性能は高い水準にある。これまでに実施された利用実験課題は先端的なもので占められており、この点で共用開始以来 5 年間のアクティビティーは高かったと言える。しかし、BL40XU の高フラックスビームが持つ potentiality は未だ使い切られておらず、更なる高度利用として次期計画内容は推進すべきである。

上記 CREST プロジェクト課題を主とした次期計画の実施に伴い、技術開発課題実験や立上げ実験がビームタイムの相当分を占めてくると想像される。次期 5 年は本格的な利用フェーズとしての BL40XU の真価が問われるが、そのため定期的に成果の出る運用上の工夫（研究課題の選択、シフト数、支援体制）が必要である。

提言：

上述のように、このビームラインの共同利用への支援は、構造生物学を専門とする内部スタッフが中心となっている。しかし、研究分野の広がりを見ると、より高いアクティビティーを保つためには、一般ユーザーの研究支援を行なうこのビームラインに特化した技術スタッフの整備が緊急の課題であると思われる。

今後、高フラックスという特徴を活かして、これまでに想像も付かなかったような大胆な研究提案が出てくる可能性がある。そのためにも、研究対象や試料について、幅広い分野の研究者にこのビームラインを知ってもらう必要があ

る。このような努力を通して、ユーザー層の拡大が望まれる。

今後、重点研究課題の占有率が高まり、一般課題へのビームタイム割り当てが 35%程度に圧縮される恐れがあるのは問題である。このビームラインでの研究には、開発要素も含まれているため、十分なビームタイム割り当てが必要である。一般課題へも十分なシフト数の確保を要望したい。

検出器の開発・応用はこのチームの特徴の一つでもあるので、今後も高速・高分解能なシステムの開発が期待できる。国内の X線関連研究者への波及効果も大きいものがある。