

BL04（中性子核反応測定装置）評価報告

基礎物理・中性子光学分科会

会長 旭 耕一郎（東京工業大学）

副会長 鈴木 淳市（総合科学研究機構）

永井 泰樹（日本原子力研究開発機構）

清水 裕彦（名古屋大学）

川端 祐司（京都大学原子炉実験所）

大井川 宏之（日本原子力研究開発機構）

1. はじめに

BL04（中性子核反応測定装置）は放射線申請が認可され装置が稼働を開始してから約 5 年が経過した。本中間評価委員会は、これを機に本装置について、改めて継続の可否の審議を行ない併せて継続する場合には今後のさらなる有効活用に向けた助言を行うことを目的として中間評価を行うものである。評価にあたっては、当該装置グループによって作成され本評価委員会に提出された「中性子実験装置中間評価調書」及び他の関係資料に基づいて、あらかじめ各委員が書面審査を行い個別意見書としてまとめた。続いて平成 25 年 11 月 26 日に開催した評価委員会において、装置グループの担当者より装置の現状と課題、利用者支援、成果及び今後の計画について詳細の説明を受け、質疑・応答、意見交換を行った。以下の評価報告は、これらの審査に基づいて取りまとめたものである。

2. 装置の建設・維持および技術開発などに関する事項

当初文科省・原子力システム研究開発事業として競争的資金により装置の建設が行われ、平成 21 年度までの当該事業終了の後、現行のプロジェクト課題「パルス中性子による中性子散乱核反応研究」および一般利用課題の研究が実施されている。装置建設は予定性能を順調に達成している。重遮蔽 NaI スペクトロメータ、大型 Ge 分光器、中性子ビーム輸送・コリメーション系、遮蔽、関連するデータ収集・解析ソフトなど、本装置の先端的性能を発揮するに必須の要素が、概ね当初計画の通りに建設・開発・整備されている。破砕反応による速中性子の捕獲実験が行えるビーム系及び測定系が構築・整備され実験結果が公表されるに至ったことは大きな成果である。測定系も J-PARC の供給する高い中性子強度に対応可能であり、施設の性能を生かしている。幅広い分野での利用のために精力的に改良が行なわれ、その結果十分な成果が得られるレベルまで装置が整備されつつある。

3. 当初計画に対する装置性能の達成度

試料位置における中性子ビーム強度においては海外の比較すべき装置である DANCE および n_TOF に比べ 1 桁以上高い値を達成している。またその他の大強度中性子源 SNS、ESS 等には本装置に類似の装置は計画されておらず、本装置は世界的にも他の追随を許さない非常に特徴的な装置となっている。測定可能な中性子エネルギーが Ge 検出器で 1 keV 程度、NaI 検出器で 100 keV 程度まで達成されている。目標は 500 keV であるので、一層

の改良を期待する。両方の測定器系ともバックグラウンド中性子の存在が大きな課題になっている。バックグラウンドの低減は容易ではないと思われるが、ノイズ落としと併せ目標を達成することが望まれる。また、シングルバンチビーム実験による高エネルギー側データの取得能力の向上、非密封 RI や核燃料物質の使用による対象核種の拡大など、さらに性能を向上させる余地がある。

4. 利用者支援に関する事項

一般利用課題の受け入れは平成 23 年度下期からの実施である。実験時 2 名程度、解析に 1 名程度で利用者支援を行なっている。利用者支援にスタッフの相当の努力時間が振り向けられており、一般利用研究の成果が順調に上がっていることは高く評価される。ただし、測定器・計測技術の先進性からハードウェアの管理や測定手法の開発等に投入しなければならぬ多くの労力と時間に比して、本装置グループの人員は多くない。今後さらに利用分野の拡大が期待されることから、利用者支援の在り方の検討と十分な支援が確保できる体制の構築に努める必要がある。共用促進の観点から、一般課題の利用者に対する支援を装置側研究者から切り離して行うべきか、測定器系の改良と外部の新規ユーザーの教育の間のバランスをどうとるか等、慎重に検討することが望まれる。

5. 得られた成果に関する事項

成果としてまずビームラインの建設・整備、実験装置と関連手法の設計・開発の順調な進展と結果が挙げられる。これについては上記第 2, 3 項において記載したとおりである。核データ研究においては、マイナーアクチノイドや核分裂生成物核種の中性子捕獲反応断面積について ^{244}Cm 、 ^{244}Cm 、 ^{241}Am 、 ^{237}Np 、等々数多くの重要なデータが取得された。これらの研究では、2 件の原子力学会賞を受賞している。なお、このような顕著なインパクトをもつ結果のみを評価するにとどまらず、核データの完備性に貢献するサーベイ的な測定も重要であることをここで明記しておきたい。核宇宙物理分野の研究も着実に進展している。またこれらの出版・講演発表が安定したペースで進められている。

本装置の元素分析への応用に関しては、対象元素（核種）の共鳴吸収ピークに対応して入射中性子エネルギーと放出ガンマ線エネルギーの 2 つを同時に測定することにより高 S/N 比を得る新しい手法を、今回原理検証することに成功、今後の広汎な応用への可能性を実証した。今後本格的な開発とこれを応用した実際の研究に進むにあたっては、具体的な目標精度の設定や他の手法に対する優位性等を明確にして進めるべきである。

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

今後、核断面積測定の中性子エネルギー領域を高エネルギー側に広げるためには、シングルバンチモード運転が有効である。原子力システムにおける核分離変換技術への高い期待や宇宙核物理からの要望に応えるためにも、そのような運転モードの一定割合での実施について、関係審議体と利用者組織に対して理解・調整を求める働きかけが必要であろう。また非密封 RI の使用についても進展への努力を期待したい。

検出器に関しては、これまでに得られたデータ・経験を踏まえて Ge 検出器と NaI 検出器の間の使い分けやいずれに注力すべきかの検討、Ge 検出器の劣化に対応した継続的な措

置の確保、大型 Ge スペクトロメータの低バックグラウンド化、試料位置精度の向上、低ノイズ化等に努めることが肝要である。特に Ge 検出器については検出効率を十分な信頼度で決定して中性子吸収反応断面積の高精度絶対値測定につなげるには高度な技術と調査が必要と推察されるので、利用者も含めた強力な体制でこの実現に努めることが望まれる。さらに、大型 Ge スペクトロメータ用データ収集系の更新と NaI(Tl) スペクトロメータ用 DAQ の高度化も進める必要がある。

今後に取り組むべき研究テーマについて、国内外のシンポジウムの開催を通じて広い視野から検討を行ない、萌芽的研究課題の発掘も目指して頂きたい。ただし、全中性子断面積測定にも踏み込むのか、元素分析への応用はどのような方針で進めるのか等慎重に検討すべきである。いずれにせよ、引き続き核データ測定を中心とした装置側のプロジェクト的取組と幅広い応用を含む一般課題をバランスよく進めつつ、競争的資金等で装置の高性能化にも積極的にチャレンジして頂きたい。また利用者支援の仕組みの構築は喫緊の課題である。利用者支援と着実な装置開発・維持を安定的に確保する人員体制の構築に努めて頂きたい。

7. 総評

本装置は概ね当初の計画通りに建設・準備が進められ、予定性能を順調に達成している。装置は中性子強度の面からも、 γ 線計測性能の面からも他の類似装置の追随を許さない性能を実現しつつある。核データおよび核宇宙物理学において成果を順調に出しつつあり、また今後の研究の発展も充分可能性を有している。本評価委員会は BL04 中性子核反応測定装置は今後も継続して研究開発を進めていくことが適当と判断する。

今後の研究開発の進め方として以下の点につき検討していただきたい。

- 1) 500 keV までの拡張をめざす。このためにシングルバンチモード運転の必要性及びメリットの明確化とその関係グループへの説明に努める。
- 2) Ge 検出器の中性子損傷についての見通しを立てる。
- 3) 元素分析への応用、全断面積測定への展開を含めて、今後に取り組むべき研究課題・方向をシンポジウム開催等を通して探る。
- 4) 利用者支援の体制整備に努めて頂きたい。

以上