

熱中性子フルエンス標準の トランスファ技術の開発

利用者 原野英樹¹、松本哲郎¹、曾我部直希²
 所属 ¹産業技術総合研究所、²名古屋大学

本課題におけるトライアルユースは、日本原子力研究開発機構（原子力機構）JRR3即発ガンマ線分析装置を用いて、5月11日～15日の4日間（準備1日、ビームタイム3日）にわたって行われた。

産業技術総合研究所（以下、産総研）では、外部に優れた熱中性子場を得ることで、国家標準にトレーサブルな熱中性子校正場の開発を目指している。JRR3即発ガンマ線分析装置（PGA）は、即発ガンマ線分析のために熱外中性子成分が極めて少ないかつ高強度の熱中性子ビームが得られるため、熱中性子校正場としての観点から大変魅力的である。PGAを国家標準にトレーサブルな熱中性子校正場として開発できれば、その技術は即発ガンマ線分析にもフィードバックされ、一層の信頼性向上に貢献できるものと考えられる。本トライアルユースでは、PGAの中性子場の特性評価による現状把握を行い、熱中性子校正場としての実現可能性と問題点について検討する。更に、産総研が所有する熱中性子フルエンス率標準とPGAにおける中性子場を関連付ける標準トランスファ技術を開発する上での基礎データを取得する。計3回のトライアルユースを予定しており、（1）中性子スペクトルの測定、（2）中性子場のバックグラウンドの評価、（3）フルエンス測定、の順に重点を置いた特性評価を行う。2006年11月のトライアルユースの際に（1）は実施され、今回は（2）を実施した。

実験では、中性子検出器として球状³He比例計数管2タイプ（ガス圧2気圧、0.2気圧）とそれぞれに75mmのポリエチレン減速材を取り付けたものを組み合わせて、全部で4種類の検出器について測定を行った。実験ジオメトリとして、分析室上流に20mm角コリメータ、0.5mmスリットと6LiF粉末（又は、酸化ガドリウム粉末）で作製されたビームチョッパーを設置し、その後6LiF+テフロン製の5.8mm×50mmのピンホールコリメータを設置して、その後ろに中性子検出器を設置した。中性子モニタ検出器としては³He比例計数管を用い、分析室の端に設置し、散乱中性子を測定した。中性子検出器の設置位置は、3台のレーザー墨出器を用いることによって再現性を良くした。ビームのプロファイルは、中性子イメージングプレートを用いることによって測定し、ピンホールコリメータの設置位置もイメージングプレートの結果から決定された。



分析室内の様子とチョッパー

中性子飛行時間法によりTOFスペクトルを測定すると、時間依存のないバックグラウンドが現れることが前回のトライアルユースの結果から分かったため、その原因を探るために、（1）チョッパーがビームを遮る位置になるようにチョッパーをとめた状態で測定、（2）ビームシャッターをすべて閉じた状態で測定、（3）ビームラインから5cm横に検出器を移動させて測定（オフライン測定）の3種類の測定をそれぞれの検出器について行った。

その結果、6LiFによるチョッパーとGdによるチョッパーのそれぞれを用いた場合の中性子場の特性やバックグラウンドの要因、時間変動に関する基礎データを得ることができた。



作業風景

本トライアルユースで得られた成果は、産総研が所有する熱中性子フルエンス率国家標準の高度化に大きく寄与すると共に、将来的にJRR3施設を利用した各種熱中性子検出器、モニタ類の感度校正を行う中性子校正場開発の可能性を検討できる重要なデータとなる。残る基礎試験を行うため今年度下期のトライアルユースも引き続き希望するものであり、その後標準導入の実用化に向けた技術開発を行うにあたっては、共同研究等を考えている。

最後に、本トライアルユースで多大な協力をいただいた原子力機構・松江秀明氏と瀬川麻里子氏、（財）放射線利用振興協会の皆様に感謝します。



ポリエチレン減速材付き³He比例計数管

熱中性子フルエンス率標準のトランスファ技術の開発

利用者 原野英樹¹、松本哲郎¹、下山徹也¹、瓜谷章²、曾我部直希²
 所属 ¹(独)産業技術総合研究所、²名古屋大学

本課題におけるトライアルユースは、日本原子力研究開発機構（原子力機構）JRR3即発ガンマ線分析装置を用いて、11月3日～5日の3日間（準備1日、ビームタイム2日）にわたって行われた。

今回のトライアルユースの実験目的は、産総研が所有する熱中性子フルエンス率標準と任意の熱中性子場を関連付ける標準トランスファ技術の開発である。本研究では、産総研熱中性子標準場で特性評価がなされている中性子検出器を用いて任意の熱中性子場の測定を行い、中性子スペクトルの補正等を行い、任意の場に対して国家標準に対してトレーサブルな熱中性子フルエンス率を与えることを目指す。JRR3即発ガンマ線分析装置では、チョッパーを利用した中性子飛行時間法によるスペクトル測定が可能であり、かつ熱外中性子成分が少ない純粋な熱中性子場であるという特徴があることから、トランスファ技術開発を行うにあたり最良の熱中性子場であると考えられる。この技術は、現在産総研で開発中の遠隔校正システムの構築や熱中性子フルエンス率国際基幹比較にも大きく寄与するものである。

実験では、中性子検出器として球状³He比例計数管2タイプ（ガス圧2気圧、0.2気圧）とそれぞれに75mm のポリエチレン減速材を取り付けたものの組み合わせで、全部で4種類の検出器について測定を行った（図1、図2）。実験ジオメトリとして、分析室上流に20mm角コリメータとビームチョッパー（図3）を設置し、その後6LiF+テフロン製の5.3mm × 50mmのピンホールコリメータ（図4）を設置して、その後ろに中性子検出器を設置した。ビームモニタ検出器として³He比例計数管を分析室に設置し、散乱中性子を計測することによってビーム強度をモニターした。中性子検出器の設置位置は、3台のレーザー墨出器を用いることによって再現性を良くし、ビームのプロファイルは、中性子イメージングプレートを用いることによって測定した。最後に金箔の放射化法による、熱中性子フルエンスの絶対測定を行った。また、10Bからの即発ガンマ線測定による中性子フルエンス測定を、即発ガンマ線分析装置の高純度Ge検出器を用いて行った。



図1：球状³He比例計数管

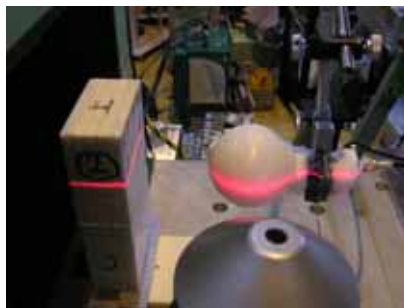


図2：ポリエチレン減速材つき³He比例計数管

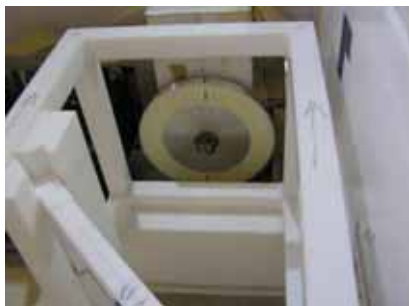


図3：ビームチョッパー



図4：即発ガンマ線分析装置における熱中

本実験のデータ処理を現在行っている最中である。本研究にて得られた本トライアルユースの成果は、今後学会や論文誌での発表を予定しており、産総研が所有する熱中性子フルエンス率国家標準の高度化に大きく寄与する。また、将来的にJRR3施設を利用した各種熱中性子検出器、モニター類の校正業務を通じた中性子標準供給の可能性を探る上で重要なデータとなり、JRR3施設の利用分野を広げることにも貢献できるものと考えている。来年度以降の施設利用も引き続き希望するものである。

最後に、本トライアルユースで多大な協力をいただいた原子力機構・松江秀明氏と瀬川麻里子氏、（財）放射線利用振興協会の皆様に感謝します

国家標準にトレーサブルな熱中性子校正場としての利用に関わる基礎データ評価

利用者 原野英樹¹、松本哲郎¹、曾我部直希²
 所属 ¹産業技術総合研究所、²名古屋大学

はじめに：

本課題におけるトライアルユースは、日本原子力研究開発機構（原子力機構）JRR3即発ガンマ線分析装置を用いて、9月1日～3日の2日間（ビームタイム2日）にわたって行われた。

産業技術総合研究所（以下、産総研）では、外部に優れた熱中性子場を得ることで、国家標準にトレーサブルな熱中性子校正場の開発を目指している。JRR3即発ガンマ線分析装置（PGA）は、即発ガンマ線分析のために熱外中性子成分が極めて少ないかつ高強度の熱中性子ビームが得られるため、熱中性子校正場としての観点から大変魅力的である。PGAを国家標準にトレーサブルな熱中性子校正場として開発できれば、その技術は即発ガンマ線分析にもフィードバックされ、一層の信頼性向上に貢献できるものと考えられる。本トライアルユースでは、PGAの中性子場の特性評価による現状把握を行い、熱中性子校正場としての実現可能性と問題点について検討する。更に、産総研が所有する熱中性子フルエンス率標準とPGAにおける中性子場を関連付ける標準トランスファ技術を開発する上での基礎データを取得する。今回で3回目のトライアルユースであり、これまで（1）中性子スペクトルの測定、（2）中性子場のバックグラウンドの評価を行い、今回は現状において可能な範囲で高精度のフルエンス測定を実施した。

実験：

実験では、中性子検出器として球状³He比例計数管2タイプ（ガス圧2気圧、0.2気圧）とそれぞれに75mmのポリエチレン減速材を取り付けたものを組み合わせて、全部で4種類の検出器について測定を行った。実験ジオメトリとして、分析室上流に20mm角コリメータ、1mmスリットと酸化ガドリウム粉末(Gd₂O₃)で作製されたビームチョッパーを設置し、その後6LiF+テフロン製の5.2mm x 50mmのピンホールコリメータを設置して、その後ろに中性子検出器を設置した。中性子モニター検出器としては分析室端に設置した³He比例計数管とピンホールコリメータ横に設置した小型中性子プローブを用いた。プローブは、1mm x 1.5mmの6Li-glassシンチレータでプラスチック光ファイバーをライトガイドとして光電子増倍管に接続している。中性子検出器の設置位置は、イメージングプレートで最適な位置を決定し、2台のレーザー墨出器を用いることによって再現性を良くした。

比例計数管での測定は、中性子飛行時間と波高の2次元測定を行った。比例計数管は、産総研の黒鉛パイルによる熱中性子標準場において応答関数が測定されており、データ処理によって得られる結果は、国家標準にトレーサブルとなる。産総研熱中性子標準場とPGAの熱中性子場の違いによる比例計数管の感度特性の違いについては、MCNPモンテカルロシミュレーションによって補正を行う。

また、金箔の放射化法による中性子フルエンスの測定も行い、比例計数管の測定を検証するためのデータとした。現在、得られた実験データを詳細にデータ処理している段階である。図1に、本実験で得られた中性子スペクトルを示す。また、PGAにおいて中性子フラックスの変動についてモニタした結果（図2）、1～2%の変動があることが分かった。図3、4に比例計数管の測定、小型中性子プローブでの測定の際の写真を示す。

まとめ：

本トライアルユースで得られた成果は、産総研が所有する熱中性子フルエンス率国家標準の高度化に大きく寄与すると共に、PGAの信頼性向上に繋がるものと考えられる。今回のトライアルユースで、PGAを熱中性子場として利用するための現状把握は終了し、この経験を基に今後共同研究として国家標準にトレーサブルな中性子校正場開発を進め、場の詳細な分析を実施していきたいと考えている。

最後に、本トライアルユースで多大な協力をいただいた原子力機構・松江秀明氏、（財）放射線利用振興協会の皆様に感謝します。

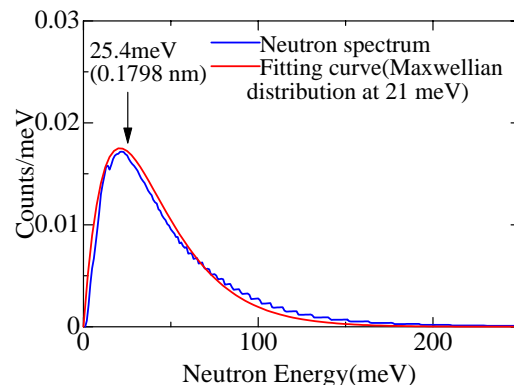


図1：測定で得られた中性子スペクトル

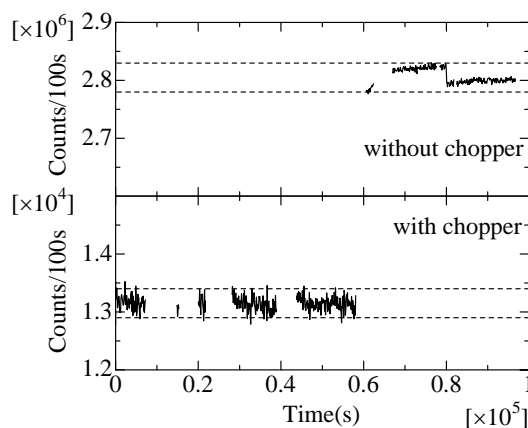


図2：中性子フラックスの変動



図3：比例計数管による測定

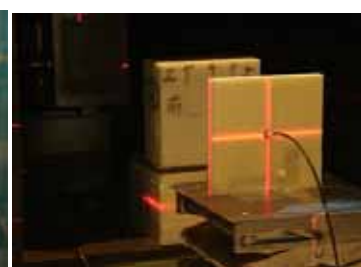


図4：小型中性子プローブの測定