

BGO 検出器を用いた Eu-151, 153 の中性子捕獲断面積に関する測定的研究

Measurement of Neutron Capture Cross Sections of Eu-151,153 using BGO Detectors

*李 在洪¹, 堀 順一², 佐野 忠史², 中島 健²

¹京都大学 原子核工学, ²京都大学 原子炉実験所

京都大学原子炉実験所の電子線型加速器 (KURRI-LINAC) において、^{151,153}Eu の中性子捕獲反応断面積を中性子飛行時間 (TOF) 法により測定した。中性子捕獲 γ 線の検出器として 12 台の全吸収型 BGO 検出器を用い、^{151,153}Eu の分離共鳴エネルギー領域における中性子捕獲断面積を取得した。¹⁵¹Eu の 3.36eV 共鳴については JENDL-4.0 の評価値が約 2 倍過小評価となっていることを示唆する結果を得た。

キーワード : KURRI-LINAC、中性子捕獲断面積、中性子飛行時間 (TOF)、BGO 検出器、Eu-151, 153

1. 緒言 使用済み核燃料取扱施設で最も重要な安全管理の一つに臨界安全管理がある。実態に合った効率的な臨界安全管理を行うためには、使用済み核燃料の燃焼に伴う反応度減少 (燃焼度クレジット) を考慮することが必要である。燃焼度クレジットを導入するためには、主要な核分裂生成物 (FP) に対する高精度な中性子捕獲反応断面積データが要求される [1]。¹⁵³Eu は燃焼度クレジット対象核種として選定された核種であり、¹⁵¹Eu は ¹⁵³Eu 試料中に不純物として含まれるため重要である。先行研究では、C₆D₆ 検出器を用いて ¹⁵¹Eu, ¹⁵³Eu の中性子捕獲断面積の絶対値を熱中性子エネルギーから keV 領域まで測定した [2]。ところが、統計精度を上げるために広いエネルギー幅の平均断面積を測定対象としていたことから、本研究ではより詳細な共鳴解析を行うために、検出効率の高い BGO 検出器を用いることによって、分離共鳴エネルギー領域における ^{151,153}Eu の中性子捕獲断面積測定を行った。

2. 実験 ^{151,153}Eu の中性子捕獲断面積の測定は、KURRI-LINAC のパルス光中性子源を用いた。加速器の運転条件は、繰り返し周波数 50 Hz、平均ビーム電流約 13 μ A、パルス幅 100 ns とした。測定は TOF 法により行い、測定試料と中性子源の距離は 12.7 m とした。試料からの捕獲 γ 線測定には、全吸収型検出器として 12 台の BGO 検出器を用いた。また、試料に入射する中性子束を決定するために、¹⁰B に対する測定も行った。試料中での中性子自己遮蔽及び多重散乱効果の補正係数を、モンテカルロシミュレーションコード MCNP-5 を用いて求めた。得られた断面積は、JENDL-4.0 の熱中性子捕獲断面積の評価値に対して規格化した。

3. 結果・考察 ¹⁵¹Eu の中性子捕獲断面積の測定結果と JENDL-4.0 及び ENDF-B/VII.1 の比較を図 1 に示す。図 1 から分かるように 3.36eV の共鳴ピークでは、ENDF-B/VII.1 の評価値が JENDL-4.0 の約 2 倍となっている。本実験は 3.36eV 共鳴については ENDF-B/VII.1 を支持する結果となった。約 2.5、3.9eV 近傍に観測された構造は、¹⁵¹Eu 試料中に含まれている不純物 ¹⁵³Eu (2.4%) の寄与によるものと考えられる。本発表では、不純物の補正も含めたデータ解析とその結果について報告する。

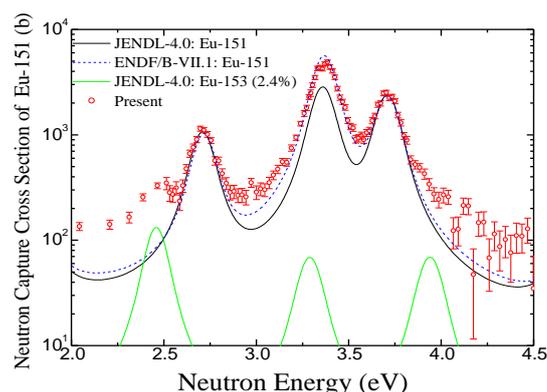


図 1 ¹⁵¹Eu に対する中性子捕獲断面積の比較

参考文献

- [1] Nuclear Fuel Cycle Facility Safety Research Committee. [A guide introducing burn-up credit, preliminary version]. 2001; JAERI-Tech 2001-055 [in Japanese].
 [2] J. H. Lee *et al.*, "Measurement of ^{151,153}Eu Neutron Capture Cross Sections using a pair of C₆D₆ Detectors", Proc. the 2010 Symposium on Nuclear Data, JAEA-Conf 2011-002, 101-106 (2011).

* Jaehong Lee¹, Jun-ichi Hori², Tadafumi Sano² and Ken Nakajima²

¹Department of Nuclear Engineering, Kyoto University, ²Kyoto University Research Reactor Institute.