

^{238}U 中性子捕獲 γ 線と核分裂即発 γ 線計数率比の ^{235}U 濃縮度依存性
 γ ray count rates from $^{238}\text{U}(\text{n},\gamma)$ and fission reactions depending on system average ^{235}U enrichment

名内 泰志¹, 佐藤 駿介¹, 鈴木 求^{1*}, 佐野忠史^{2*}, 宇根崎博信²
¹電中研, ²京大複合研

KUCA にて 93wt%- ^{235}U 濃縮度 U-Al 合金燃料と天然ウラン金属燃料を組み合わせた平均 ^{235}U 濃縮度 3.1、5.4wt%の未臨界体系を構築し、Am-Be 中性子源を用い体系外での γ 線スペクトルを測定した。 ^{238}U の中性子捕獲 γ 線と核分裂 γ 線の計数率比の濃縮度による変化は、 $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ 数密度比の変化とよく整合した。

キーワード : $^{238}\text{U}(\text{n},\gamma)$, fission prompt γ ray, Neutron induced γ ray spectroscopy, ^{235}U enrichment, Am-Be

1. 緒言

使用済燃料の輸送・保管の合理化に燃焼度クレジット(BUC)の導入が期待されるが、その際、 ^{235}U を代表とする核分裂性核種濃縮度の燃焼による損耗を測定で確認することが求められている。しかし損耗量や残存量を直接確認する手段はない。これに対し、KUCA の未照射燃料を用いた実験で、中性子照射 γ 線スペクトル測定(NIGS)により核分裂即発 γ 線¹⁾と $^{238}\text{U}(\text{n},\gamma)$ γ 線²⁾を測定できることを確認した。本報告では KUCA で平均 ^{235}U 濃縮度を変えた体系に対し NIGS 測定を行い、 γ 線計数率比の濃縮度依存性を調査した。

2. 実験

KUCA-A 架台において、93wt%- ^{235}U 濃縮度 U-Al 燃料と天然ウラン燃料板を組み合わせ平均 ^{235}U 濃縮度 3.1wt%と 5.4wt%の体系を作成した。先報²⁾に比べ $^{238}\text{U}(\text{n},\gamma)$ 反応からの 4060keV γ 線の計数率の統計精度を改善するため、未臨界体系の中央に原子炉起動用 Am-Be 中性子源を設置した。燃料の外側は厚さ 35cm 強のポリエチレン遮蔽体を設けて中性子を吸収することとし、その外に中性子源と同じ高さに相対効率 35%の HP-Ge 検出器を設置して γ 線スペクトルを測定した(図 1)。Am-Be 中性子源を用いることで $^9\text{Be}(\alpha,\text{n})^{12}\text{mC}$ の脱励起 γ 線が発生するが、この影響を緩和するため、Am-Be 中性子源と HP-Ge 検出器を結ぶ線上に Pb-Bi の γ 線遮蔽体を厚さ約 15cm 配置した。

3. 結果

測定した γ 線スペクトルを図 2 に示す。4437keV の ^{12}mC の脱励起 γ 線の成分は有意であり、そのコンプトン散乱成分が重畳しているものの、4060keV のピーク成分を計数することができた。4437keV より低波高では同 γ 線のコンプトン散乱の計数率が優位であり、また図 2 の範囲外だが、6MeV 以上の波高では $\text{Al}(\text{n},\gamma)$ 反応の成分が優位である。このため 4600keV ~5000keV 領域を核分裂即発ガンマ線の優位な領域とし、計数率を評価した。 ^{238}U の中性子捕獲 γ 線(4060keV)と核分裂 γ 線計数率の比の濃縮度による変化を表 1 に示す。計数率比の変化は $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ の数密度比の変化とよく合致した。本結果は NIGS の濃縮度測定への有効性を示唆している。

表 1: $^{238}\text{U}(\text{n},\gamma)$ /核分裂 γ 線計数率比と濃縮度

	平均濃縮度		濃縮度に よる変化
	3.10wt%	5.40wt%	
$^{238}\text{U}(\text{n},\gamma)$ /核分裂	0.00796(±10%)	0.00431(±11%)	0.541(±15%)
$^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ 数密度比	30.6	17.3	0.563

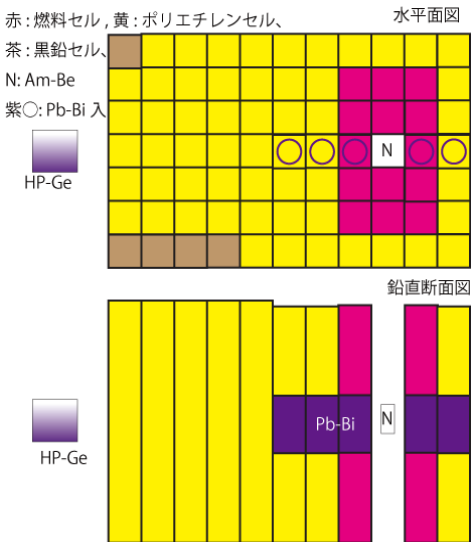


図 1: 未臨界での γ 線測定体系

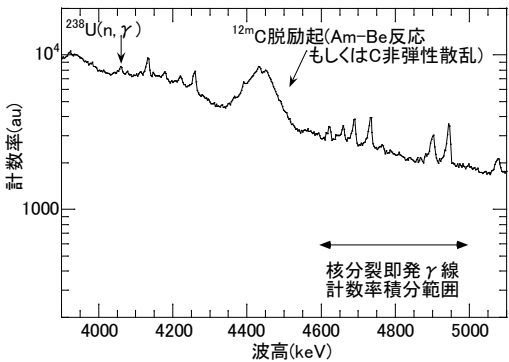


図 2: 濃縮度 5.4%体系の NIGS γ 線波高スペクトル

参考文献[1] 名内他、日本原子力学会 2018 年春の年会 1F03、[2] 名内他、日本原子力学会 2010 年秋の大会 Q29.

* 現所属：近大炉

Yasushi Nauchi¹, Shunsuke Sato¹, Motomu Suzuki¹, Tadafumi Sano² and Hironobu Unesaki²

¹CRIEPI., ²Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University., *UTR-KINKI

謝辞：本発表は平成 30 年度京都大学複合原子力科学研究所共同利用研究の成果の一部です。