

CsI シンチレータの放射化を用いた原子炉熱中性子束の測定

Measurement of Reactor Thermal Neutron Flux Using Activation of a CsI Scintillator

近大¹, 九大² ○(M1)長友那豊¹, (B)堀内雅一¹, (B)松村陸¹,(B)佐々木海斗¹, (B)深海星也¹, (B)大塚壮真¹, 若林源一郎¹, 納富昭弘²Kindai Univ.¹, Kyushu Univ.², °Nayuta Nagatomo¹, Masakazu Horiuchi¹, Riku Matsumura¹,Kaito Sasaki¹, Seiya Fukami¹, Soma Otsuka¹, Genichiro Wakabayashi¹, Akihiro Nohtomi²

E-mail: genichiro@kindai.ac.jp

1. はじめに

CsI シンチレータの放射化を用いた中性子測定法は、弱い中性子束を短時間の照射で精度よく測定できることが特長である。他の放射化法と同様に、CsI シンチレータは熱中性子だけでなく熱外中性子によっても放射化されるため、熱中性子束を求める際にはカドミウム (Cd) フィルタ法を適用する。しかしながら、本方法を原子炉内の熱中性子束の測定に適用する場合、シンチレータを覆う Cd が原子炉に対して大きな負の反応度を持つため、測定対象である中性子束環境を大きく変えてしまうだけでなく、近畿大学原子炉 (UTR-KINKI) のような余剰反応度の小さな原子炉では、原子炉を臨界にすることが困難となる。そこで本研究では、Cd フィルタ法を用いずに原子炉熱中性子束を定量する方法を検討した。

2. 原理

熱中性子炉内で十分に減速された中性子のスペクトルは、Maxwell 分布と $1/E$ 分布の重ね合わせとして近似することができる。CsI シンチレータ中の ^{133}Cs と ^{127}I が放射化されて $^{134\text{m}}\text{Cs}$ と ^{128}I が生成される反応について、中性子エネルギー 0.0253 eV における断面積をそれぞれ σ_1 、 σ_2 、共鳴積分を I_1 、 I_2 、とすると、標的原子あたりの飽和放射能 A_1 、 A_2 は次のように表される。

$$A_1 = \sigma_1 \phi_0 + I_1 \theta$$

$$A_2 = \sigma_2 \phi_0 + I_2 \theta$$

ここで、 ϕ_0 は熱中性子領域の慣用の熱中性子束 (conventional thermal neutron flux)、 θ は熱外中性子領域のレサジーあたりの中性子束である。これらの式から ϕ_0 を求めると、熱中性子束 ϕ_{th} は、 $\phi_{th} = 2/\sqrt{\pi} \phi_0$ と表される。

3. 実験方法

CsI シンチレータ ($1.0 \times 1.0 \times 0.3\text{ cm}^3$) を UTR-KINKI の中央ストリンガー孔内に設置し、1W 臨界運転で 30 分間中性子を照射した。照射終了後、シンチレータを光電子増倍管 (浜松ホトニクス H7195) に接続し、1 分間の計数を繰り返し行った。得られた計数率の変化からフィッティングによって $^{134\text{m}}\text{Cs}$ 及び ^{128}I の半減期を持つ成分を抽出し、飽和放射能 A_1 、 A_2 を求めた。

4. 結果及び考察

得られた熱中性子束は $1.52 \times 10^7\text{ (cm}^{-2}\text{ s}^{-1})$ となった。UTR-KINKI の中央ストリンガー孔内の熱中性子束は $1.2 \times 10^7\text{ (cm}^{-2}\text{ s}^{-1})$ とされており、過去の測定では $(1.54 \pm 0.16) \times 10^7\text{ (cm}^{-2}\text{ s}^{-1})$ という値が報告されているが¹⁾、これらの値と比較的に近い値が得られた。今後は、CsI シンチレータの自己遮蔽効果の影響などを補正し、より正確に熱中性子束を求める方法を検討する。

参考文献

- 1) K. Kobayashi, et al., 近畿大学原子力研究所年報, 35 (1998)15.