

一般セッション | II. 放射線工学と加速器・ビーム科学および医学利用：202-2 放射線物理，放射線計測

📅 2025年3月13日(木) 10:05 ~ 11:00 📍 B会場(Zoomルーム2)

[2B03-05] 中性子計測

座長: 渡辺 賢一(九大)

10:05 ~ 10:20

[2B03]

指向性向上型中性子検出手法の開発

*名雲 靖¹、上野 克宜¹、村本 武司²、大谷 健一²、岩佐 淳司²、岡田 聡² (1. 日立、2. 日立GE)

10:20 ~ 10:35

[2B04]

CsI(Tl) 結晶を用いた高エネルギー中性子のエネルギー付与評価

*Lee Eunji^{1,3}、Tran Tuyet^{2,3}、佐波 俊哉^{2,3}、山崎 寛仁^{1,3} (1. J-PARC/KEK、2. KEK、3. SOKENDAI)

10:35 ~ 10:50

[2B05]

シリコンカーバイド(SiC)半導体検出器による単色高速中性子の検出性能評価

*永井 寛大¹、島添 健次¹、青山 敬²、鈴木 崇仁²、中村 尚司^{2,3}、松本 哲郎⁴、増田 明彦⁴、真鍋 征也⁴
(1. 東大、2. 富士電機、3. 東北大、4. 産総研)

10:50 ~ 11:00

座長持ち時間

指向性向上型中性子検出手法の開発

Development of Directivity-Improved Neutron Detection Method

*名雲 靖¹, 上野 克宜¹, 村本 武司², 大谷 健一², 岩佐 淳司², 岡田 聡²

¹日立, ²日立 GE

燃料デブリ中における核燃料位置の同定を目的に、Cm-244 による自発核分裂中性子の高速中性子を測定する手法を開発中である。今回、試作検出器により原理検証試験を実施した結果について報告する。

キーワード: 燃料デブリ, 核燃料物質, 核燃料位置同定, 高速中性子測定

1. 緒言

福島第一原子力発電所における燃料デブリ取り出しでは、デブリ加工等の作業前にデブリ中における核燃料の位置や分布を同定することで、作業安全確保につながると考える。しかしながら、デブリ性状が明らかでない状況で直接核燃料位置を同定することは難しく、核燃料位置の同定につながる情報の取得が求められる。そこで、核燃料との帯同が想定される Cm-244 自発核分裂による高速中性子を測定することで、間接的に核燃料位置を同定することを考え、そのための検出器を試作し、原理検証試験により基本性能である空間分解能を評価した。

2. 検出器構成

試作検出器の概略構成を図 1 に示す。中性子検出器は熱中性子に感度を有する B-10 検出器を使用し、特定方向からの高速中性子を測定するため、検出器端部に減速材のポリエチレンを配置した。また、ノイズとなる環境中の熱中性子を低減するために、ポリエチレン外側に中性子吸収材のカドミウムを設置した。

3. 試験および評価結果

試作検出器および試験装置を図 2 に示す。試験装置では、検出器を図 2 に示すように保持し、中性子源の位置を原点として横方向へ 2cm ピッチで 8cm の位置まで移動させ、各位置において計数率を取得し、各位置の計数率に基づき空間分解能(FWHM)を評価した。中性子源には Cf-252(178kBq)を使用した。FWHM の評価結果を図 3 に示す。試験の結果、FWHM は 9.4cm であり、10cm 以下の空間分解能となることを確認した。これにより、φ20cm のユニット缶に収納可能なデブリサイズ以下での核燃料位置同定が可能である。

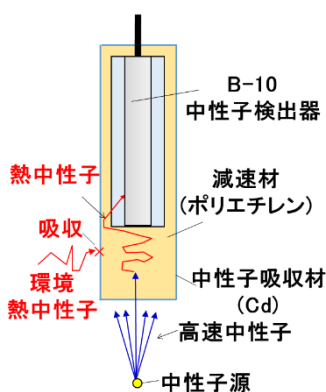


図 1 検出器構成

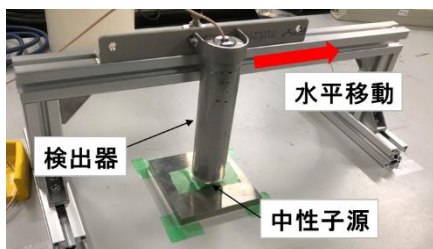


図 2 試作検出器および試験装置

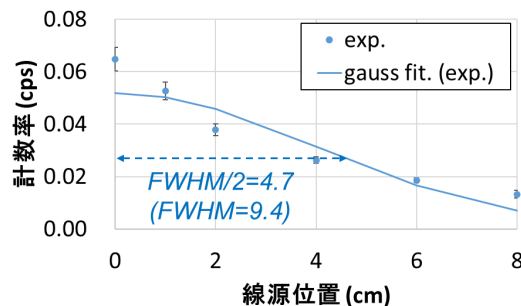


図 3 空間分解能評価結果

*Yasushi Nagumo¹, Katsunori Ueno¹, Takeshi Muramoto², Kenichi Otani², Junji Iwasa² and Satoshi Okada²

¹Hitachi, Ltd., ²Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

CsI(Tl)結晶を用いた高エネルギー中性子のエネルギー付与評価

Evaluation of Energy Deposition by High-Energy Neutrons in a CsI(Tl) Crystal

*Lee Eunji^{1,3}, Tran Kim Tuyet^{2,3}, 佐波俊哉^{2,3}, 山崎寛仁^{1,3}

¹J-PARC/KEK, ²KEK, ³SOKENDAI

高エネルギー・大強度陽子加速器施設の安全な運用を支える放射線管理に役立てるために、CsI(Tl)シンチレータを用いた 100 MeV 以上の高エネルギー中性子を測定する新たな手法を考案した。本報告では、PHITS コードを用いた CsI(Tl)シンチレータの高エネルギー中性子に対するエネルギー付与の計算を行った。また、Am-Be 中性子線源を用いて、粒子弁別能力の確認を行った。

キーワード : CsI(Tl) 結晶、高エネルギー中性子、PHITS

1. 緒言

J-PARC などの高エネルギー・大強度陽子加速器施設では、運転中に発生する中性子の測定は、放射線防護や施設運用において重要である。しかし、従来の中性子検出器では、100 MeV 以上の高エネルギー中性子の測定をする際に限界がある。例えば、5”の NE213 液体シンチレータの場合、高エネルギー中性子に対する応答関数の変化が小さくなり、エネルギー分解能が低くなる。本研究では、CsI(Tl)シンチレータを用いた新たな高エネルギー中性子測定手法を考案し、PHITS コードを用いたシミュレーション及び中性子線源を用いた実験を行った。

2. シミュレーション及び実験

高エネルギー中性子に対する CsI(Tl)シンチレータ (5x5x30cm) の応答を評価するために、PHITS コードを用いて中性子入射エネルギーに対するシンチレータ内のエネルギー付与を計算した (タリーの領域に均一に入射するように線源を設定)。また、9 本の CsI(Tl)シンチレータを組み合わせた場合 (15x15x30cm) のエネルギー付与の変化についても評価した。(図) さらに、Am-Be 中性子線源を用いた実験を行い、CsI(Tl)シンチレータの中性子およびガンマ線に対する信号応答を解析した。得られた信号波形を用いて、シンチレータの粒子弁別能力を評価した。

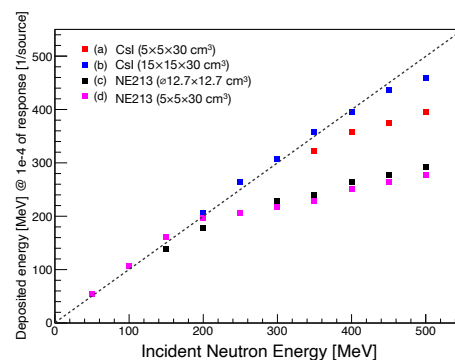


図. 中性子の入射エネルギーに対するシンチレータ内のエネルギー付与

3. 結果

PHITS シミュレーションの結果、CsI(Tl)シンチレータは 5”の NE213 液体シンチレータに比べて、100 MeV 以上の高エネルギー中性子に対するエネルギー付与が大きいことがわかった。また、9 本の CsI(Tl)シンチレータを組み合わせることで、エネルギー付与が向上させることがわかった。さらに、Am-Be 中性子線源を用いた実験から、CsI(Tl)シンチレータを用いた中性子とガンマ線を弁別することができた。これらの結果は、高エネルギー中性子の測定への応用可能性を示唆し、今後の高エネルギー放射線混合場における測定計画に活用する。本手法によって高エネルギー中性子の測定を実現すれば、高エネルギー・大強度陽子加速器施設における漏洩中性子の評価ができる。

*Eunji Lee^{1,3}, Tuyet Tran^{2,3}, Toshiya Sanami^{2,3}, Hirohito Yamazaki^{1,3}

¹J-PARC/KEK, ²KEK, ³SOKENDAI

シリコンカーバイド(SiC)半導体検出器による単色高速中性子の検出性能評価

Evaluation of detection performance of monoenergetic fast neutrons using a silicon carbide (SiC) semiconductor detector

*永井 寛大¹, 島添 健次¹, 青山 敬², 鈴木 崇仁², 中村 尚司^{2,3}, 松本 哲郎⁴, 増田 明彦⁴, 眞鍋 征也⁴

¹東京大学, ²富士電機, ³東北大学, ⁴産総研

シリコン半導体より幅広い温度範囲で使用できるシリコンカーバイド(SiC)半導体を用いた中性子検出器の研究を行っている。今回は、増幅器、MCA を用いて産総研にて単色高速中性子の計測実験を行ったのでその結果について報告する。

キーワード：放射線検出器、半導体検出器、高速中性子

1. 緒言

主に廃炉環境での臨界モニタや燃料デブリ検出を目的として、シリコン半導体より幅広い温度範囲で使用可能なシリコンカーバイド(SiC)半導体を用いた中性子検出器の開発を行っている。これまで LiF をコンバータとして使用した熱中性子の計測実験や、 γ 線の照射実験を実施し、Co60 の γ 線 200 Gy/h 程度までであれば熱中性子と γ 線を弁別可能であることが分かった。一方、高速中性子についてもポリエチレンをコンバータとすることで検出が可能である。今回は、増幅器と MCA を用いたシステムで産総研にて単色高速中性子の照射実験を行い、今使用している検出器で得られるスペクトル形状や検出効率の評価を行った。

2. 実験方法

検出器の信号を前置増幅器、線形増幅器により増幅し、MCA で読み出すシステムで、産総研の加速器による単色高速中性子を 565 keV、3 MeV、5 MeV、14.8 MeV の 4 種類照射した。用いたコンバータはポリエチレン製で、厚さは 300 μm である。14.8 MeV の場合のみ、300 μm のコンバータを数枚貼り合わせることで作成した 900 μm 、3 mm の厚さのコンバータについても実験を行った。計測時間は各 30 分程度である。また、検出器には 3 V、30 V、300 V の 3 種類でバイアス電圧を印加した。

3. 結果・考察

565 keV 照射時は中性子非照射時(BG)との違いがほぼ確認できなかったが、3 MeV、5 MeV では図 1 に示すような、非照射時とは異なるカウントの蓄積を確認できた。また、14.8 MeV の場合、コンバータ厚 300 μm ではあまりカウントが蓄積しなかったが、コンバータを厚くするに従い計数率が向上した。

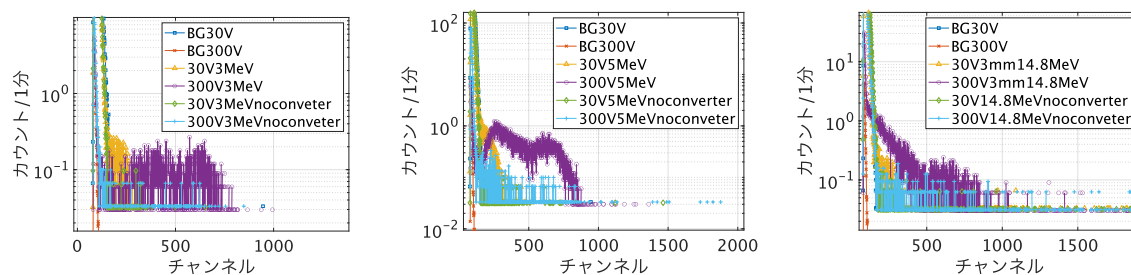


図 1. 左：3 MeV 照射、中央：5 MeV 照射、右：14.8 MeV 照射(コンバータ 3 mm)。

*Kanta Nagai¹, Kenji Shimazoe¹, Kei Aoyama², Takahito Suzuki², Takashi Nakamura^{2,3}, Tetsuro Matsumoto⁴, Akihiko Masuda⁴ and Seiya Manabe⁴

¹UTokyo, ²Fuji Electric, ³Tohoku Univ, ⁴AIST