



中性子・ γ 線用臨界検出器の開発

辻村 憲雄 吉田 忠義 石井 雅人*

東海事業所 放射線安全部
* (株)東芝

Development of Criticality Accident Detector Measuring Neutrons and Gamma-Rays

Norio TSUJIMURA Tadayoshi YOSHIDA Masato ISHII*

Radiation Protection Division, Tokai Works
* Toshiba Corporation

臨界検出器の仕様の統一を目的に、中性子と γ 線を単一の検出器で検出し、かつ両者による合計の吸収線量を測定する新しい臨界検出器を開発した。本検出器は、プラスチックシンチレータと光電子増倍管からなる検出部を、熱中性子-捕獲 γ 線コンバータであるCd、さらに厚さ5 cmのポリエチレン減速材で覆うことによって、検出器の外部から入射する γ 線だけでなく、Cd (n, γ) 反応を利用して間接的に中性子も検出することができる。

The authors developed a new criticality accident detector measuring neutrons and gamma-rays. The detector is a cylindrical plastic scintillator coupled to a current-mode operated photomultiplier, and is covered by an inner cadmium shell, acting as a neutron to gamma-ray converter, and a 5cm thick outer polyethylene moderator in order to respond to the same threshold triggering dose regardless of whether it was exposed to neutrons, gamma-rays or a mixture of the two radiations.

キーワード

臨界検出器, 中性子, プラスチックシンチレータ, カドミウム, ポリエチレン減速材, モンテカルロ計算

Criticality Accident Detector, Neutron, Plastic Scintillator, Cadmium, Polyethylene Moderator, Monte Carlo Calculation

1. はじめに

核燃料サイクル開発機構東海事業所では、臨界事故の発生を検知し速やかに退避警報を発生させることを目的とする臨界検出器を、再処理施設及びMOX燃料製造施設等に設置している¹⁾。これらの臨界検出器の多くは、主として γ 線を検出するプラスチックシンチレータ (RD120) であるが、一部の工程において中性子を検出する減速材付き核分裂検出器 (RD624) を使用しており、国際規制物資である濃縮ウラン (^{235}U) を検出器の一部

として使用することによる管理の煩雑さ、二種類の検出器系の同時運用に伴う保守性等に課題があった。そこで、核分裂検出器に替わる検出器の候補の一つとして、 γ 線と中性子の両放射線を区別せずに検出する臨界検出器を新たに開発した。

2. 試作検出器の構造と特性

RD120は、直径38mm×長さ51mmのプラスチックシンチレータ (以下「PS」と記す) と光電子増倍管からなる検出部を電流モードで動作させた



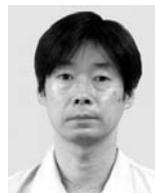
辻村 憲雄

線量計測課 標準・校正
チーム所属
チームリーダ、副主任研究員
放射線測定器等の校正に用
いる放射線 (能) 標準の整
備、開発業務に従事



吉田 忠義

線量計測課 標準・校正
チーム所属
副主任研究員
放射線測定器等の校正に用
いる放射線 (能) 標準の整
備、開発業務に従事



石井 雅人

原子力計装制御システム部
原子力計装システム設計担当
主務
放射線計測システムの設計
に従事

検出器であり、主として γ 線を検出する。このPS部分を、熱中性子捕獲 γ 線コンバータであるCd、さらに厚さ5 cmのポリエチレン減速材で覆うことによって、検出器の外部から入射する γ 線だけでなく、Cd(n, γ)反応を利用して間接的に中性子も検出する検出器を試作した。ここで、減速材の厚さ等は、当該臨界検出器の設置予定箇所における臨界事故時の中性子スペクトルを考慮しつつ、 γ 線と中性子のそれぞれに対する吸収線量当たりのレスポンスが同等になるようモンテカルロ輸送計算コードMCNP4C2²⁾による計算から決定した。

試作した中性子・ γ 線用臨界検出器の外観写真を図1に、モンテカルロ計算によって求めた試作検出器の中性子エネルギー特性を図2に示す。図2では、⁶⁰Co γ 線に対する吸収線量当たりのレスポンスを1に規格化している。1 MeV以上の中性子に対して過小応答、1 eV~0.1 MeVのエネルギー範囲で過大応答を示しているが、これは、臨界事故時のような連続スペクトルを持つ中性子に対して、積分レスポンスが1、すなわち γ 線に対するレスポンスと等しくなるよう調節したものである。現在、本試作検出器について、²⁵²Cf減速中性子校正場³⁾を中心に特性試験を進めており、設計段階における特性がほぼ再現されていることがこれまで判明している⁴⁾。

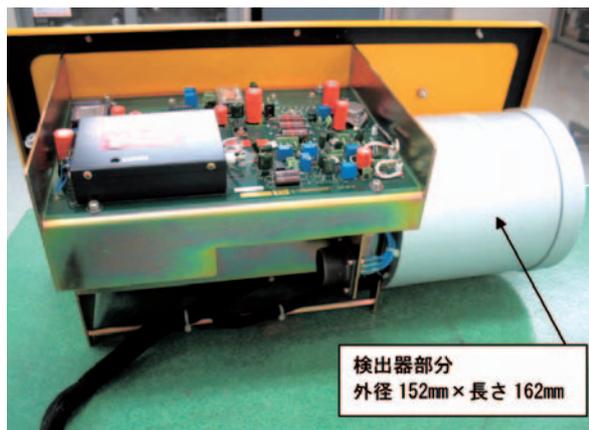


図1 試作した中性子・ γ 線用臨界検出器

(検出器は、圧延鋼板からなるケースのフロントパネルの背面に固定しており、写真は固定している側から見たものである。)

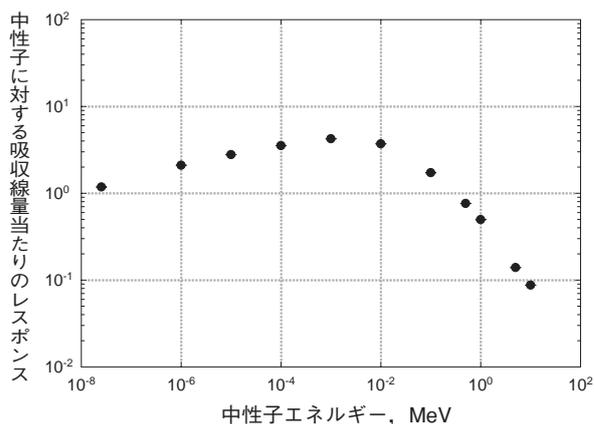


図2 モンテカルロ計算によって得られた中性子エネルギー特性

(図では、 γ 線に対するレスポンスを1に規格化している)

3. おわりに

単一の検出器で γ 線と中性子を検出し、かつ両放射線による合計の吸収線量を測定する新しい臨界検出器を開発した。本検出器は、国際規制物資である濃縮ウランを使用するRD624に替わる臨界検出器として開発したものであり、中性子と γ 線の両放射線を検出するため放射線状況に左右されない設置が可能であること、既設のRD120型臨界検出器と減速材部を除く主要部品を共通化させているため保守・点検手順が統一化できることといった特徴を有している。

今後、原子炉を利用した総合的な性能実証試験を計画している。

参考文献

- 1) 野田喜美雄：臨界警報装置の開発，動燃技報，81，pp. 59-62(1992)。
- 2) J.F.Briesmeister (Ed.) : A general Monte Carlo N-particle code, version 4C - Manual, LA-13709-M (Los Alamos National Laboratory) (2000)。
- 3) 辻村憲雄, 吉田忠義, 高田千恵：中性子線量当量(率)測定器の性能実証試験フィールドの開発, サイクル機構技報, 27, pp. 55-57(2005)。
- 4) 吉田忠義, 辻村憲雄, 石井雅人：中性子- γ 線同時測定式臨界検出器の開発, 日本原子力学会2005年秋の大会発表予定