

燃料デブリ検知へのバブルディテクターの応用

Application of bubble detector to fuel debris detection

*寺島顕一¹, 坂本雅洋¹, 松村太伊知¹, 冠城雅晃¹, Eka Sapta Riyana¹, 能見貴佳¹, 奥村啓介¹

¹ 日本原子力研究開発機構

自発核分裂や誘起核分裂などに起因する僅かな中性子を、狭隘空間かつ高ガンマ線環境下で検出する手法として、バブルディテクター(BD)に着目した。本発表では、BD に対する ^{60}Co を用いたガンマ線照射試験、ならびに MOX 燃料を用いた中性子検出試験を実施し、福島第一原子力発電所への適応性を検討するため、基礎データを取得したので報告する。

キーワード：福島第一原子力発電所，燃料デブリ，バブルディテクター，中性子検知，放射線照射試験

1. 緒言

福島第一原子力発電所(1F)の格納容器内のような高ガンマ線環境下での燃料デブリ探査や、回収物中の核燃料物質の有無を判断するための手法開発を進めている。1F 内部は場所により線量率が異なり、高い場所では数 100 [Sv/h]にもなると予想されている。その中で、自発核分裂や誘起核分裂などに起因する僅かな中性子を、狭隘空間かつ高ガンマ線環境下で検出する手法として、中性子の積算線量計であるバブルディテクター(BD)に着目した。BD はガンマ線に不感で、小型軽量、目視確認可能、外部電源やケーブル不要といった特長を有している[1]。さらに、極めて弱い中性子線に対しても長い時間をかけずに検出できる可能性がある。BD への中性子照射としては、これまでに ^{252}Cf を線源とした照射結果の報告を行った[2]。本発表では、BD に対する ^{60}Co を用いたガンマ線照射試験、ならびに MOX 燃料を用いた中性子検出試験を実施し、1F 適応性を検討するための基礎データを取得したので報告する。

2. 照射試験

照射試験では Bubble Technology Industries 社製の高速中性子用 BD(BD-PND)と熱中性子用 BD(BDT)を用いた。初めに高ガンマ線の照射を実施した。線源には ^{60}Co を使用し、線源からの距離が異なる 3 ヶ所に BD-PND と BDT を 2 本ずつ設置して 2.02, 5.86, 10.0 [kGy]の照射を実施した。結果、BD-PND はバブルの発生数が 0~1 個であった。一方、BDT は 2.02 [kGy]の照射で 60 個程度のバブルが発生した。他の場合でも照射線量に比例しバブル数が増加することが確認できた。

よって、高ガンマ線場である 1F で使用可能であるのは BD-PND であると言える。

次に、BD-PND に対して MOX 燃料を用いた中性子照射試験を実施した。燃料が入った SUS 缶の中心から 20~60 cm まで 10 cm ごとに 5 本設置し、2 時間の照射を行った。照射結果を図 1 に示す。縦軸に発生したバブル数、横軸に中性子フルエンスをプロットした。図 1 から分かる通り、MOX 燃料由来の中性子でもフルエンスとバブル数の間にある程度の相関がみられ、2 次多項式で近似できる。今回の場合は中性子フラックスが約 70 [n/cm²/s]程度あれば 30 分ほどで 100 個のバブルが発生する見込みが得られた。

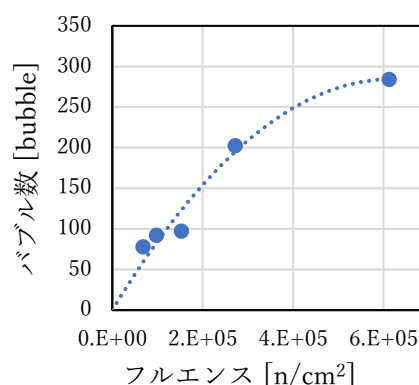


図 1. MOX 燃料による中性子照射の結果

3. 結論

BD-PND が 10.0 [kGy]までの高ガンマ線場でも使用できることが確認できた。また、MOX 燃料由来の中性子を検出できる見込みを得た。これらの試験結果から、BD-PND の 1F 現場への適応が期待される。

謝辞 本研究は、英知を結集した原子力科学技術・人材育成事業 JPJA20F20350450 の成果を含みます。

参考文献

[1] H. Ing, et al., Bubble detectors-a maturing technology, Radiation Measurements (1997) 27(1), 1-11.

[2] 寺島他, 燃料デブリ探査のためのバブルディテクターの中性子照射試験, 日本原子力学会 2021 年秋の大会 (2021) (1H08).

*Kenichi Terashima¹, Masahiro Sakamoto¹, Taichi Matsumura¹, Masaaki Kaburagi¹, Eka Sapta Riyana¹, Takayoshi Nohmi¹, Okumura Keisuke¹

¹Japan Atomic Energy Agency.