低コスト中性子検出器バンクを用いた非破壊測定装置の開発

Development for non-destructive measurement system with a low-cost neutron detector bank

*米田 政夫 [1]，藤　暢輔 [1]，田辺　鴻典 [2]
[1]JAEA，[2]NRIPS

核燃料物質の非破壊測定に関して、低コスト化に向け簡素化した検出器バンクを用いた測定装置の開発を進めている。本講演では、シミュレーション及び低コスト検出器の原理実証装置による基礎実験結果について報告する。

キーワード：アクティブ中性子法、DDA法、水チェレンコフ光検出器、核セキュリティ、低コスト

１．緒言

DDA (Differential Die-Away) 法などのアクティブ中性子法は、測定対象物に外部から中性子を照射し発生する核分裂中性子を直接計測するものであり、核物質に対して非常に高感度で確度の高い測定が可能であるため、原子力施設における核物質の計量管理に加えて、空港等における核セキュリティ用核物質探知としての利用が期待されている。しかしながら、アクティブ中性子法装置は、中性子検出器バンクにおいて多数の He-3 検出器を用いていること、D-T 中性子発生管を用いていることなどから非常に高価となり、それが装置普及を妨げる要因の一つとなっている。そこで、我々はアクティブ中性子法による核物質非破壊測定装置の普及促進の観点から、アクティブ中性子法による装置の低コスト化開発に取り組んでおり、その一環として水チェレンコフ光検出器の開発と、D-T 管を用いない中性子線源（Cf-252）による測定法（回転照射法）の開発を進めている。水チェレンコフ光検出器は、中性子が水に入射した際に発生するチェレンコフ光を検知することで中性子の検出を行う。He-3 検出器を用いた検出器バンクは、核分裂中性子を効率的に検出するため、バンク内にポリエチレン等の減速材を設置する必要があるが、水チェレンコフ光検出器では水自体が減速材の役割を果たすため、他の減速材は不要である。また、水槽の加工は容易であるため、対象物の大きさに応じて容易に検出器サイズを変更することも可能である。

２．水チェレンコフ光検出器

水チェレンコフ光検出器は、主に水槽と光電子増倍管(PMT)から構成される。水槽表面には測定に際しての主要なバックグラウンドとなる熱中性子を遮蔽するために、ボロンシートを取付けている。線源の回転半径、水槽内での中性子挙動及びチェレンコフ光の発光位置等を考慮し、右図に示す水チェレンコフ光検出器における水槽の大きさは横 25, 奥行 25, 高さ 30cm とした。水にはチェレンコフ光の発生効率を増加させるため、ガドリニウムを約 0.5wt%添加している。水チェレンコフ光検出器の製作コストは、従来の He-3 を用いた検出器バンクと比べて 1/10 以下に抑えることができた。

図　水チェレンコフ光検出器（2 インチ PMT を 4 個配置した例）

３．議論及び結言

低コスト中性子検出器バンク及び中性子線源を用いた原理実証装置を製作し、バックグラウンドを模擬するガンマ線源等を用いた基礎試験を実施した。本講演では、製作した装置の概要、シミュレーション及び基礎試験結果について報告する。

*Masao Komeda[1], Yosuke Toh[1] and Kosuke Tanabe[2]
[1]JAEA, [2]NRIPS