

研究炉の産業利用 「中性子検出器の性能評価」



東芝電子管デバイス株式会社

当社は、電子管の開発、設計、製造、販売をしている会社であり、主な製品は以下の通りです。

X線管

： 医療診断や非破壊検査などの幅広い用途で使用される医療用又は工業用X線管。

X線イメージンシファイア

： イメージンシファイアはX線像をリアルタイムで可視画像に変換するデバイスであり、X線管同様、医療用又は工業用に幅広く使用されているデバイス。

電力管

： 工業用誘電加熱および誘導加熱用送信管，最先端科学技術分野で利用されるクライストロン等がある。

放射線検出器

： X線やγ線を計測する電離箱や比例計数管，管内部に中性子変換物質を内蔵した中性子比例計数管や核分裂電離箱等がある。

数ある製品の中には沸騰水型原子炉向け中性子検出器*¹があり、その製造過程において日本原子力開発機構東海研究開発センター施設のJRR-4炉を使用させて頂き検出器の中性子感度評価試験を実施しています。以下に当社中性子検出器の概要を示します。

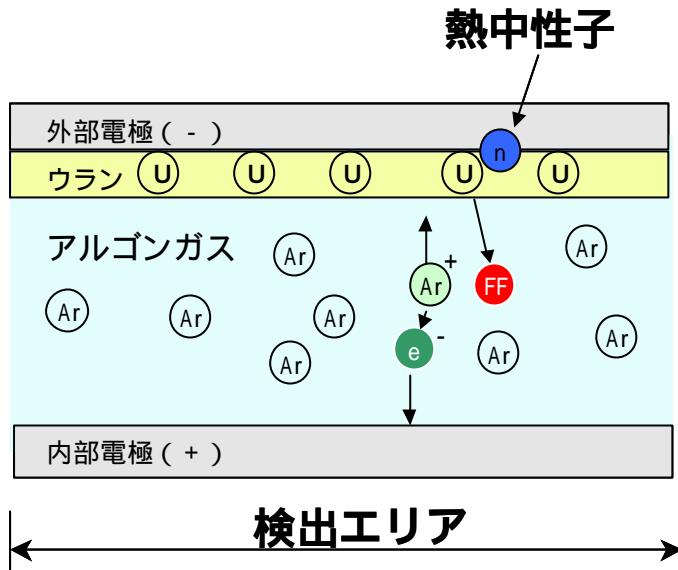
○広域起動領域モニタ(SRNM) ; Startup Range Neutron Monitor

- ・使用中性子束レベル : $10^3 \sim 10^{13} \text{nv}$
- ・動作原理 : 小型核分裂電離箱方式
- ・中性子有感物質 : U234/U235
- ・電離物質 : アルゴンガス
- ・中性子感度 : $5 \times 10^{-16} \text{A} / \text{nv}$
- ・全長 : 約13m

○局部出力領域モニタ(LPRM) ; Local Power Range Monitor

- ・測定中性子束レベル : $10^{12} \sim 10^{14} \text{nv}$
- ・使用原理 : 小型核分裂電離箱方式
- ・中性子有感物質 : U234/U235
- ・電離物質 : アルゴンガス
- ・中性子感度 : $8 \times 10^{-18} \text{A} / \text{nv}$
- ・全長 : 約13m

*¹ 中性子検出器 : 原子炉内の中性子束レベルを電流信号に変換して測定する検出器で、次頁に動作原理を示します。



図の記号説明

- 熱中性子：中性子源から放出される中性子が、減速材と衝突を繰り返すうちに徐々に減速されたもの
- FF：Fission Fragments
：核分裂によって生じた核分裂破片
- U：ウラン235
- Ar：電離物質（アルゴンガス）
- Ar⁺：電離したイオン（陽イオン）
- e⁻：電離したイオン（電子）

図 - 1 中性子検出器(小型核分裂電離箱)の動作原理

中性子検出器の動作原理

外部電極内面のウラン (U^{235}) が熱中性子を吸収して核分裂を起こし、その核分裂破片が検出器内部のアルゴンガスを電離する。

電離したイオン対（陽イオンと電子）を、極性の異なる電圧を印加した二つの電極に集め、電流信号として測定。電流信号は中性子束に比例した値となる。

東海研究開発センター施設 JRR - 4 炉での中性子検出器性能評価

中性子検出器の性能評価は以下の通り。

プール実験設備備え付簡易照射筒に被試験体である中性子検出器を挿入する。

炉出力 3500 kW 運転

特性（中性子パルス特性、MSV 特性、直流特性測定等）測定

図 - 2, 図 - 3 に測定結果一例を示す

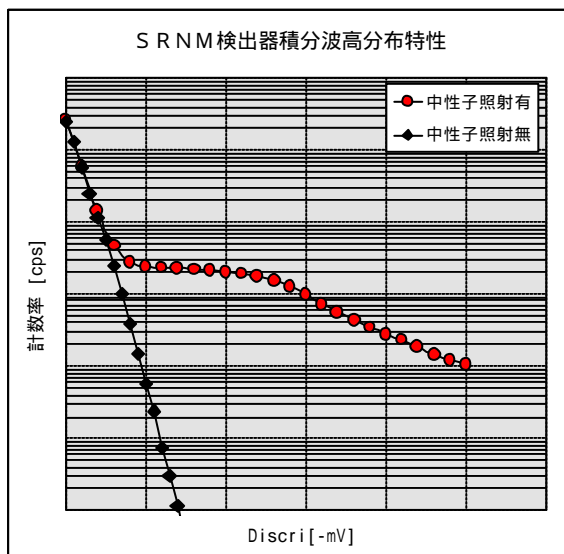


図 - 2 SRNM 積分波高分布特性

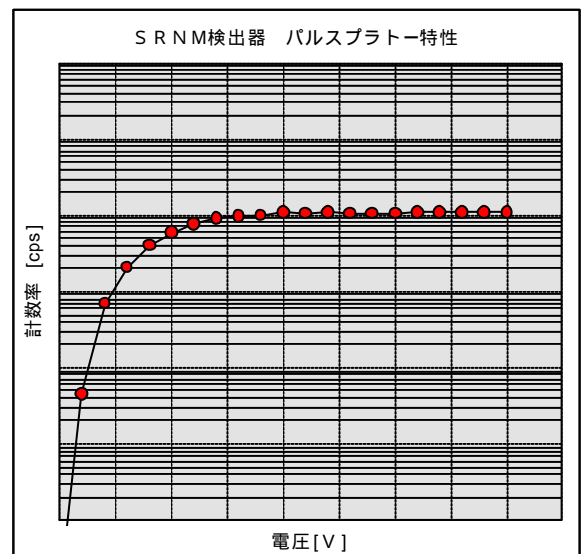


図 - 3 SRNM パルスプラトー特性

以上の様に、測定は標準化されており簡単に実施する事が出来ますが、簡易照射筒での熱中性子束レベルを把握する必要があります。当社の場合、熱中性子束計測には金箔照射で中性子感度が校正された基準中性子検出器を使用して測定しています。検出器の試験を行なう熱中性子束レベルは約 9×10^{10} n v である。

現在は、BWRプラント向け中性子検出器の製造工程でJRR-4炉を使用させて頂いていますが、次世代中性子検出器の開発等でも利用を計画させて頂いています。当社としては、未永くJRR-4炉の運転を希望する所存です。

最後に、JRR-4炉利用に際しては東海研究開発センターの方々に大変お世話になっております。この場をおかりして感謝を申し上げます。