

中性子を計測せずに中性子数の増加を評価する —短半減期希ガス核分裂生成物の放射能比に基づく臨界監視法—

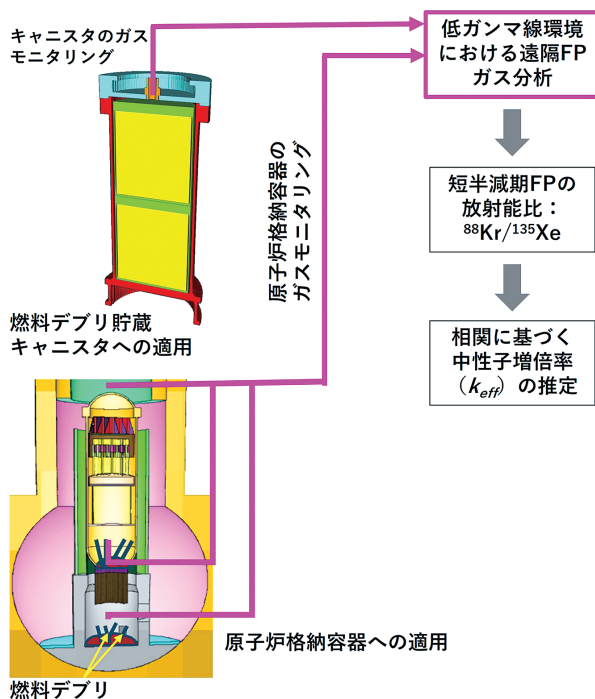


図1 ^{88}Kr と ^{135}Xe の放射能比を用いた中性子増倍率 (k_{eff}) 推定法

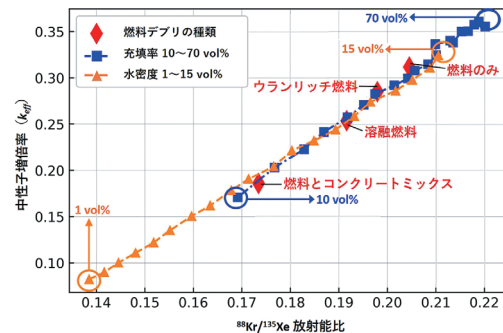


図2 キャニスタ内の様々な種類の燃料デブリに対する $^{88}\text{Kr}/^{135}\text{Xe}$ 放射能比と中性子増倍率 k_{eff} の相関

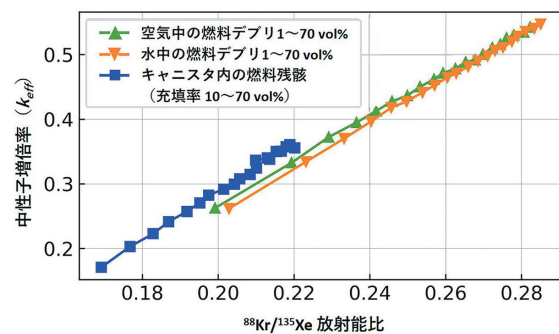


図3 原子炉格納容器（PCV）内の様々な種類の燃料デブリに対する $^{88}\text{Kr}/^{135}\text{Xe}$ 放射能比と中性子増倍率 k_{eff} の相関（▲と▼）（参考のため、図2のキャニスタでの相関（■）を挿入）

図1は、半減期の短い核分裂生成物 ^{88}Kr と ^{135}Xe の放射能測定によって、原子炉格納容器（PCV）や燃料デブリ貯蔵キャニスタ内の中性子増倍率 (k_{eff}) を推定する応用方法のイメージです。この方法では、燃料デブリ貯蔵キャニスタ（図1上）やPCV（図1下）の様々な場所からガスを採取します。 ^{88}Kr や ^{135}Xe のような希ガスから放出されるガンマ線測定の利点は、ガンマ線のバックグラウンドが比較的低い場所で測定ができることです。また、事前に求めた $^{88}\text{Kr}/^{135}\text{Xe}$ の放射能比と k_{eff} の関係（図2、図3）から、ガス採取点での臨界性を評価します。

これまでに開発した未臨界燃焼計算コードを、燃料デブリ貯蔵キャニスタ及びPCVの廃止措置プロセスにおける様々な燃料デブリ条件に適用しました。燃料デブリ貯蔵キャニスタをモデル化し、様々な燃料デブリ組成に対する k_{eff} と $^{88}\text{Kr}/^{135}\text{Xe}$ の放射能比 $(A (^{88}\text{Kr}/^{135}\text{Xe}))$ の相関を調べました。また、PCVをモデル化し、様々な形状における k_{eff} と $A (^{88}\text{Kr}/^{135}\text{Xe})$ の相関を調べました。

その結果、燃料デブリ貯蔵キャニスタの臨界性と $A (^{88}\text{Kr}/^{135}\text{Xe})$ の相関は線形であり、 k_{eff} と $A (^{88}\text{Kr}/^{135}\text{Xe})$ の相関は燃料デブリ貯蔵キャニスタやPCVのような形状にほぼ影響されないことが分かりました。これらの結果は、ガンマ線のバックグラウンドが比較的低い場所で測定できる放射能比 $A (^{88}\text{Kr}/^{135}\text{Xe})$ が臨界性のモニタリングに使用できることを示しています。

Riyana, E. S. et al., Preliminary Study of the Criticality Monitoring Method Based on the Simulation for the Activity Ratio of Short Half-Life Noble-Gas Fission Products from Fuel Debris, Journal of Nuclear Science and Technology, vol.61, issue 2, 2024, p.269–276.



福島廃炉安全工学研究所
廃炉環境国際共同研究センター Eka Sapta Riyana



◀Webはこちらへ