

多核種高除染性空気浄化システム開発による作業被曝低減化研究 (9) フィルターエレメントに捕捉される短半減期 FP の放射能の評価

Development of a high efficiency multi-nuclide aerosol filters for radiation protection during a process of cutting core

(9) Estimation of radioactivity of short half-lived fission product nuclides trapped by filter element

*石井 亮憲¹, 千葉 豪¹, 小崎 完¹, 奈良林 直¹, 山本 泰功¹

¹北海道大学

空気浄化システムのフィルターに捕捉される放射性物質を定量的に評価するために開発した簡易ツールを用いて、核燃料中の自発核分裂に起因して生成する短半減期 FP の放射能を定量的に評価した。

キーワード: 廃炉作業, 福島第一原子力発電所, 空気除染システム, 作業被曝低減

1. 緒言 廃炉作業において炉心解体時に燃料デブリを切断することなどによって微粒子状の放射性物質が生じる。放射線防護の観点から、フィルターエレメントを用いてこのような放射性物質を捕捉する必要がある。一方で燃料デブリ中には自発核分裂を起こす核種がいくつか存在する。この自発核分裂と、自発核分裂により生じた中性子による未臨界核分裂連鎖反応によって生成される短半減期 FP は、フィルターエレメント内の放射能を増加させる可能性がある。従って、両者を定量的に評価する必要がある。

2. 計算モデル 核燃料を含む体系の中性子増倍係数を k としたとき、未臨界核分裂連鎖反応により $k/(1-k)$ 個の中性子が新たに発生することになる。従って、一回の核分裂あたりに発生する平均中性子数を ν とすると、 $k/(1-k)/\nu$ 回の核分裂反応が起こることになる。なお、1 回の自発核分裂で発生する平均中性子数を ν_{SF} とすると、1 回の自発核分裂により、 $k/(1-k) \cdot \nu_{SF}/\nu$ 回の核分裂反応が起こることになる。自発核分裂は Cm-242、-244 で起こるものとし、これらの核種の崩壊における自発核分裂の分岐比や中性子発生数は JEFF-3.1.1 の評価データを用いた。

3. 計算結果 福島第一原子力発電所 1 号機(以下 1F1 号機)の原子炉停止直後の全燃料のインベントリをもとにして、全 FP 核種のインベントリの時間変化を計算した。一例としてヨウ素の結果を示す。ヨウ素の同位体の中で半減期が 1600 万年の I-129 は、事故発生後 10 年程度では減衰せず、健全な燃料が 30%あると仮定すると、炉心内に 2.2kg 程度存在する。一方自発核分裂による放射能の評価には I-133 のような短半減期 FP の影響が重要である。本計算では自発核分裂を考慮した場合の放射能の増加量を評価した。このとき自発核分裂で発生した中性子による核分裂反応は全て U-235 の熱中性子によるものとし、この系の中性子増倍係数を 0.90 と 0.99 とそれぞれ仮定した。図 1 にヨウ素の放射能の計算結果を示す。なお自発核分裂は SF と表記した。計算結果より 1F1 号機燃料中のヨウ素の放射能は中性子増倍係数が 0.9 で有意に増加し、0.99 のように極めて臨界に近づいた場合には 1 桁程度上昇することがわかった。

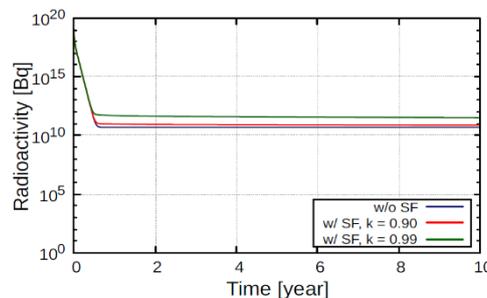


図 1、ヨウ素の放射能の計算結果

図 1 にヨウ素の放射能の計算結果を示す。なお自発核分裂は SF と表記した。計算結果より 1F1 号機燃料中のヨウ素の放射能は中性子増倍係数が 0.9 で有意に増加し、0.99 のように極めて臨界に近づいた場合には 1 桁程度上昇することがわかった。

4. 結言 今後は、例えば燃料部分の損傷している箇所と損傷していない箇所や、水中や空気中など様々な領域に分割し、領域間の核種の移行を考慮して計算しプラント全体で評価できるよう取り組む予定である。

謝辞 本研究は、文部科学省の英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業による委託業務平成 28 年度「多核種高除染性空気浄化システム開発による作業被曝低減化研究」の一部として実施した。

*Akinori Ishii¹, Go Chiba¹, Tamotsu Kozaki¹, Tadashi Narabayashi¹, and Yasunori Yamamoto¹

¹Hokkaido Univ.