

## モンテカルロシミュレーションの放射線モニタ装置設計への適用

### Applicability of Monte-Carlo Simulation to Equipment Design of Radiation Monitor

(株) 東芝 ○酒井 宏隆、服部 可奈子、杉原 圭、梅村 憲弘

Toshiba Corp. ○Hiroataka Sakai, Kanako Hattori, Kei Sugihara, Umemura Norihiro

E-mail: hiroataka.sakai@toshiba.co.jp

**1. はじめに** 原子力施設のプロセス配管及び放出端中の放射性の希ガス及び液体中の放射能濃度の監視には、希ガスモニタ及び水モニタが用いられている。その検出感度は放射性物質を含む実ガス・実液試験により評価されるが、こうした実ガス・実液試験の実施は非密封の放射性物質を取り扱う施設で行う必要があり、試行錯誤により、感度に影響を与える最適な設計パラメータを求めることは現実的ではない。一方で、近年、放射線シミュレーション技術が進歩し、特に、電子・光子の輸送計算を行うことで、計算精度が向上するとともに、サポートツールなどにより、計算体系のモデル化が容易になっている。今回、モンテカルロ計算コード PHITS[1]により得られる気体及び液体の放射線モニタの応答計算結果の、実測結果との比較を通じて、その装置設計への適用性を評価したので報告する。

**2. 方法** 放射線モニタの代表例として、 $\gamma$ 線放出核種の水中濃度を測定する $\gamma$ 線検出形水モニタと、 $\beta$ 線放出核種の空気中濃度を測定する $\beta$ 線検出形希ガスモニタを代表例として選んだ。装置の設計情報から、それぞれの体系の感度に影響するサンプラタンク及び検出器をモンテカルロ計算コード PHITS によりモデル化した。 $\gamma$ 線検出形水モニタは、容量 10L のサンプラタンクに $\phi 75\text{mm} \times 75\text{mm}$  の NaI(Tl)結晶を用いたシンチレーション検出器が含まれる構造(図1)であり、 $\beta$ 線検出形希ガスモニタは 5L のサンプラタンクに厚さ 1.2mm、面積  $200\text{mm} \times 200\text{mm}$  のプラスチックシンチレーション検出器が接する構造である。(図2)。

**3. 結果と考察**  $\gamma$ 線検出形水モニタ及び、 $\beta$ 線検出形希ガスモニタそれぞれについての PHITS による計算値と実測値との比(C/E比)を求めた(表1)。 $\gamma$ 線検出形水モニタについては、各核種とも計算値と実測値は良く一致した。また、 $\beta$ 線検出形希ガスモニタについては、 $^{85}\text{Kr}$ の結果は良く一致したが、 $^{133}\text{Xe}$ は30%ほど計算結果の方が実測結果よりも高い結果となった。これは、 $^{204}\text{Tl}$ コイン線源を用いた応答の実測結果とシミュレーション計算結果との比較から、ディスクリレベルを決定したため、エネルギーの近い $^{85}\text{Kr}$ については一致度が高いが、エネルギーの離れた $^{133}\text{Xe}$ については誤差が大きくなったためと思われる。しかし、おおよそ30%程度の範囲で結果は一致しており、放射線モニタ装置の設計評価には十分に実用的である。

**4. 結論** 今回の評価を通じて、放射線モニタの装置設計において、モンテカルロシミュレーションを放射線モニタの構造の決定に活用できることを確認した。今後、モンテカルロシミュレーションを放射線モニタ装置の校正や、品質保証試験等の公式な試験エビデンスを作成するのに直接的に活用するには、シミュレーションによる不確かさの評価方法や、計算方法の検証方法などを立案していく必要がある。

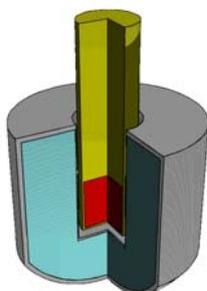


図1  $\gamma$ 線検出形水モニタのモデル化結果

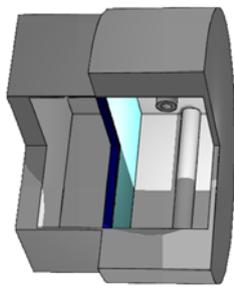


図2  $\beta$ 線検出形希ガスモニタのモデル化結果

表1 計算値と実測値の比較

$\gamma$ 線検出形水モニタ		$\beta$ 線検出形希ガスモニタ	
核種	C/E比	核種	C/E比
$^{51}\text{Cr}$	1.03	$^{85}\text{Kr}$	0.974
$^{137}\text{Cs}$	0.990	$^{133}\text{Xe}$	1.33
$^{60}\text{C}$	1.03		

#### 参考文献

[1] T. Sato *et al*, Particle and Heavy Ion Transport Code System PHITS, Version 2.52, J. Nucl. Sci. Technol. 50:9, 913-923 (2013).